

Quantized feed system for solid freeform fabrication**Publication number:** DE60220529 (T2)**Publication date:** 2008-02-07**Inventor(s):** VARNON DAVID MONTGOMERY [US]; FONG JON JODY [US]; BISHOP RAYMOND J [US]**Applicant(s):** 3D SYSTEMS INC [US]**Classification:**- **international:** **B05D3/00; B29C67/00; B05D3/00; B29C67/00**- **European:** B29C67/00L**Application number:** DE20026020529T 20020919**Priority number(s):** US20010970956 20011003; WO2002US29706 20020919**Also published as:**

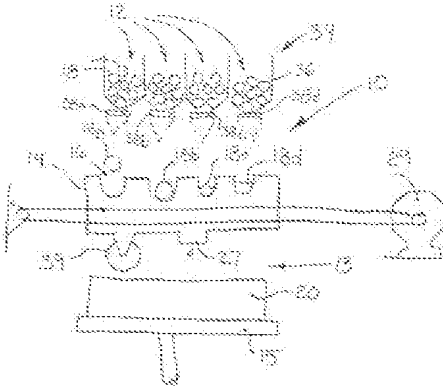
	US2003063138 (A1)
	US6902246 (B2)
	WO03028984 (A1)
	JP2005504653 (T)
	EP1432566 (A1)

Abstract not available for DE 60220529 (T2)

Abstract of corresponding document: **US 2003063138 (A1)**

A material feed system for solid freeform fabrication.

The build material is delivered in discrete or quantized amounts by the feed system in a non-flowable state to the dispensing device and the material is then changed to a flowable state prior to being dispensed. The feed system can be used to build three-dimensional objects in color, if desired. In one embodiment individual cartridges with build material are loaded into a magazine on the feed system which is integrated with a waste removal system. As the build material is expelled from the cartridges, waste material is deposited into the cartridge. Once all the build material has been expelled, the waste material is hermetically sealed in the spent cartridge which is then ejected from the system.; The hermetically sealed cartridges protect operators from contact with the reactive waste material making the system safe for the office environment.



.....
 Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide

Quantized feed system for solid freeform fabrication

Publication number: DE60220529 (T2)

Publication date: 2008-02-07

Inventor(s): VARNON DAVID MONTGOMERY [US]; FONG JON JODY [US]; BISHOP RAYMOND J [US]

Applicant(s): 3D SYSTEMS INC [US]

Classification:

- **International:** B05D3/00; B29C67/00; B05D3/00; B29C67/00

- **European:** B29C67/00L

Application number: DE20026020529T 20020919

Priority number(s): US20010970956 20011003; WO2002US29706 20020919

Also published as:

US2003063138 (A1)

US6902246 (B2)

WO03028984 (A1)

JP2005504653 (T)

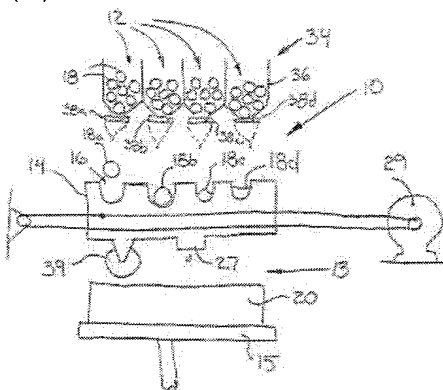
EP1432566 (A1)

Abstract not available for DE 60220529 (T2)

Abstract of corresponding document: **US 2003063138 (A1)**

A material feed system for solid freeform fabrication.

The build material is delivered in discrete or quantized amounts by the feed system in a non-flowable state to the dispensing device and the material is then changed to a flowable state prior to being dispensed. The feed system can be used to build three-dimensional objects in color, if desired. In one embodiment individual cartridges with build material are loaded into a magazine on the feed system which is integrated with a waste removal system. As the build material is expelled from the cartridges, waste material is deposited into the cartridge. Once all the build material has been expelled, the waste material is hermetically sealed in the spent cartridge which is then ejected from the system. The hermetically sealed cartridges protect operators from contact with the reactive waste material making the system safe for the office environment.



Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide

E1
Einspruch der Voreigentümerin GmbH
gegen EP 1 581 902 B1



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 20 529 T2** 2008.02.07

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 432 566 B1**

(51) Int Cl.⁸: **B29C 67/00** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 20 529.8**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US02/29706**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 763 659.6**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2003/028984**

(86) PCT-Anmeldetag: **19.09.2002**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **10.04.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **30.06.2004**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **06.06.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **07.02.2008**

(30) Unionspriorität:
970956 03.10.2001 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, IT

(73) Patentinhaber:
3D Systems, Inc., Valencia, Calif., US

(72) Erfinder:
VARNON, David Montgomery, Canyon Country, CA 91351, US; FONG, Jon Jody, Calabasas, CA 91302, US; BISHOP, Raymond J., Santa Clarita, CA 91380-0401, US

(74) Vertreter:
Patent- und Rechtsanwälte Bardehle, Pagenberg, Dost, Altenburg, Geissler, 81679 München

(54) Bezeichnung: **QUANTISIERTES FÖRDERUNGSSYSTEM FÜR 'SOLID FREE FORM FABRICATION'**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung**HINTERGRUND DER ERFINDUNG****1. Gebiet der Erfindung**

[0001] Die Erfindung betrifft allgemein ein Materialzufuhrsystem für die „solid freeform fabrication“ und insbesondere ein quantisiertes Zufuhrsystem, dass selektiv bestimmte Mengen von Material direkt einer Vorrichtung zur solid freeform fabrication zuführen kann, um dreidimensionale Objekte zu bilden. Da das Zufuhrsystem quantisiert ist, kann das System zum Aufbauen von dreidimensionalen Objekten in Farbe verwendet werden oder um mehr als ein Material auszugeben. Zusätzlich kann das Zufuhrsystem mit einem hermetisch abgeschlossenen Abfallentfernungssystem integriert sein, worin reaktive Materialien ohne spezielle Handhabungsverfahren verarbeitet werden können.

2. Beschreibung des Standes der Technik

[0002] In jüngster Zeit wurden mehrere neue Technologien für die schnelle Erzeugung von Modellen, Prototypen und Teilen entwickelt, die nur in begrenzter Stückzahl hergestellt werden sollen. Diese neuen Technologien können als solid free form fabrication bezeichnet werden und werden hierin mit „SFF“ abgekürzt. Einige SFF Techniken umfassen Stereolithographie, das selektive Ablagerungsmodellieren, das schichtweise Objekt erstellen, das Selektiv Phase Area Deposition Verfahren, die Multi-phase Jet Solidification, das Ballistic Particle Manufacturing, das Fused Deposition Modeling, das Verfahren der Particle Deposition, das Lasersintern u. Ä. Bei der SFF werden komplexe Teile aus einem Baumaterial in einer hinzufügenden Art und Weise erzeugt, im Gegensatz zu konventionellen Herstellungstechniken, die üblicherweise auf dem Hinwegnehmen von Material basieren.

[0003] Zum Beispiel wird in konventionellen Herstellungstechniken Material durch maschinelle Verarbeitung entfernt oder in einer Form oder einer Düse zu einer Vorform geformt und dann zurecht gestutzt. Im Gegensatz dazu fügen additive Herstellungstechniken taktweise Teile eines Baumaterials zu angezielten Stellen hinzu, üblicherweise Schicht für Schicht, um ein komplexes Teil zu bauen.

[0004] SSF Technologien verwenden üblicherweise eine graphische Computerdarstellung eines Teils und eine Zufuhr eines Baumaterials, um das Teil in aufeinander folgenden Schichten herzustellen. Die SFF Technologien haben viele Vorteile gegenüber den konventionellen Herstellverfahren nach dem Stand der Technik. Zum Beispiel verkürzen die SFF Technologien dramatisch die Zeit zur Entwicklung von Prototypen und sie können schnell begrenzte Stückzah-

len von Teilen in Form eines Rapid Manufacturing Prozesses herstellen. Sie vermeiden auch die Notwendigkeit für komplexe maschinelle Bearbeitungen, mit dem konventionelle Herstellverfahren nach dem Stand der Technik verbunden waren, insbesondere wenn Formen für Gussverfahren erzeugt werden müssen. Zusätzlich sind die SFF Technologien vorteilhaft, da individuell angepasste Objekte schnell durch die Verarbeitung von Computergraphik-Daten erzeugt werden können.

[0005] Es gibt eine große Vielzahl von Baumaterialien, die in verschiedenen SFF Techniken verwendet werden. Diese Materialien werden typischerweise in der Form eines Pulvers, einer Flüssigkeit, eines Gases, einer Paste, eines Schaums oder eines Gels angewandt. In jüngster Zeit hat sich ein Interesse für die Verwendung von hochviskosen pastenartigen Materialien in SFF Prozessen entwickelt, um bessere mechanische Eigenschaften zu erreichen. Außerdem hat sich in jüngster Zeit zusätzlich ein Interesse beim Reproduzieren von visuellen Merkmalen, wie z. B. Farbe, an den dreidimensionalen Objekten entwickelt, die durch SFF Prozesse produziert werden. Dies hat dazu geführt, dass spezielle Additive für das Baumaterial zusammen mit neuen Abgabesystemen entwickelt wurden, um die Erzeugung dieser visuellen Merkmale zu ermöglichen, wenn die dreidimensionalen Objekte gebaut werden.

[0006] Eine Kategorie von SFF die sich entwickelt hat ist das selektive Ablagerungsmodellieren (selective deposition modeling), welches mit „SDM“ abgekürzt wird. Beim SDM wird ein Baumaterial physisch schichtweise abgelagert, während es in einem fließfähigen Zustand ist und dann wird dieses verfestigt um ein Objekt zu bilden. Bei einem Typ der SDM Technologie wird das Modelliermaterial als kontinuierlicher Faden durch eine über Widerstandsheizung erwärmte Düse extrudiert. In einem weiteren Typ der SDM Technologie wird das Modelliermaterial ausgestrahlt oder in einzelnen Tropfen abgegeben, um ein Teil aufzubauen. In einer bestimmten SDM Vorrichtung wird ein thermoplastisches Material mit einem niedrigeren Schmelzpunkt als das feste Modelliermaterial verwendet, welches durch ein Düsensystem abgegeben wird, wie z. B. in einem System, wie es in Tintenstrahl Druckern verwendet wird. Ein Typ von SDM Prozess, der Tintenstrahl Druckköpfe verwendet, wird beispielsweise in dem US Patent mit der Nummer 5,555,176 von Menhennett beschrieben, welches außerdem den Oberbegriff von Anspruch 1 bildet.

[0007] Da Tintenstrahl Druckköpfe zur Verwendung in zweidimensionalen Druckverfahren konstruiert sind, müssen spezielle Modifikationen vorgenommen werden, damit diese beim Aufbauen von dreidimensionalen Objekten durch SFF Techniken verwendet werden können. Dies ist allgemein der Fall, da es erhebliche Unterschiede zwischen den zwei Verfahren gibt,

die unterschiedliche Lösungen für unterschiedliche Probleme verlangen. Zum Beispiel wird beim zweidimensionalen Drucken eine relativ kleine Menge an flüssiger Lösung ausgesprüht und dann wird dieser die Möglichkeit gegeben zu trocknen oder auszuhärten, wobei ein wesentlicher Gesichtspunkt auf die Druckauflösung gelegt wird. Da nur eine geringe Menge an Material beim zweidimensionalen Drucken ausgesprüht wird, kann das Materialreservoir für die flüssige Lösung direkt in dem Tintenstrahldruckkopf verbleiben, während die Fähigkeit zum Drucken von vielen Seiten bereit gestellt wird, bevor nachgefüllt oder ersetzt werden muss. Im Gegensatz dazu muss beim SDM ein normalerweise festes Material, wie z. B. ein thermoplastischer Kunststoff oder ein Wachsmaterial, zu einem fließfähigen Zustand erwärmt werden damit es abgestrahlt werden kann und dann wird es dem Material ermöglicht zu härten. Darüber hinaus ist beim SDM die Ausgabeauflösung nicht so kritisch wie beim zweidimensionalen Drucken. Dies ist allgemein der Fall, da für jeden angezielten Pixel-Ort die Menge an Material, die bei SDM Techniken abgegeben werden muss, erheblich größer ist als die Menge an Material die bei zweidimensionalen Drucktechniken abgegeben werden muss. Beispielsweise kann es beim SDM nötig sein, 6 Tropfen an einer bestimmten Pixel-Stelle abzulagern verglichen mit nur einem oder zwei Tropfen beim zweidimensionalen Drucken. Obwohl die Zielgenauigkeit dieselbe sein kann, ist die tatsächliche Auflösung, die bei SDM Techniken erreicht wird, im Allgemeinen etwas geringer als beim zweidimensionalen Drucken, da die 6 ausgegebenen Tropfen herabtropfen können oder zu benachbarten Pixel-Stellen rutschen können.

[0008] Ein weiterer Unterschied liegt darin, dass auf Grund der erheblich größeren Menge an Material, die beim SDM abgegeben wird, die Geschwindigkeit mit der Objekte geformt werden, wichtig wird. Da das Erreichen von höheren Aufbaugeschwindigkeiten beim SDM eine hohe Priorität war, haben die ersten SDM Techniken alle Ausgabeöffnungen in den Tintenstrahldruckköpfen verwendet, um ein einzelnes Baumaterial auszugeben und um die Baugeschwindigkeit beim Bilden des dreidimensionalen Objektes zu maximieren. Damit wird allerdings die Fähigkeit aufgegeben selektiv mehrere Farben von dem Druckkopf auszugeben, während das Objekt gebildet wird.

[0009] Die oben genannten Unterschiede Erzeugen eine Anzahl von Problemen die gelöst werden müssen. Zum Beispiel kann die Menge an Material, die bei SDM Techniken abgelagert wird, sowohl hinsichtlich Volumen als auch hinsichtlich Masse so erheblich sein, dass es allgemein als unpraktisch angesehen wird ein Reservoir direkt an dem Tintenstrahldruckkopf zu montieren, welches das gesamte Material halten soll. Daher ist es für die meisten SDM Systeme typisch, ein großes Reservoir an einem von dem Druckkopf entfernten Ort bereitzustellen, der über ein

Materialzufuhrsystem in Kommunikation mit dem Druckkopf ist, welches System eine flexible „Nabelschnur“ aufweist. Allerdings müssen der große Behälter und die Nabelschnur geheizt werden, um zumindest einen Teil des Baumaterials fließfähig zu machen oder zu halten, so dass das Material zu dem Abgabegerät fließen kann. Unerwünschterweise sind die Anlaufzeiten für SDM Techniken die Tintenstrahldruckköpfe verwenden, auf Grund der Zeitdauer, die nötig ist um das verfestigte Material in dem großen, entfernten Reservoir bis zu seinem fließfähigen Zustand anfangs zu erwärmen, länger als beim zweidimensionalen Drucken mit Tintenstrahldruckköpfen. Zusätzlich wird eine erhebliche Energiemenge benötigt, um die große Menge an Material in dem fließfähigen Zustand im Reservoir und in dem Zufuhrsystem während des Aufbauprozesses zu halten. Dies erzeugt unerwünschterweise eine erhebliche Menge an Hitze in der Aufbauumgebung. Da höhere Baugeschwindigkeiten bei SDM Techniken eine Priorität hatten, haben frühere Hilfsmittel die Fähigkeiten zur Farbabgabe der Tintenstrahldruckköpfe aufgegeben und stattdessen alle Ausgabeöffnungen der Druckköpfe zur Ausgabe eines einzelnen Baumaterials, welches von einem einzigen großen Reservoirbereich bereitgestellt wird, vorgesehen. Gemäß dieser Zufuhrsysteme nach dem Stand der Technik wären mehrere entfernte Reservoirs und Zufuhrsysteme notwendig, um mehrere Materialien ausgeben zu können, um mehrere Farben in einem Objekt zu realisieren. Dies würde die Komplexität und die Kosten eines derartigen Systems multiplizieren und ist üblicherweise nicht praktikabel. Es existiert daher ein Bedarf die Beschränkungen der SFF Zufuhrsysteme nach dem Stand der Technik zu überwinden, die ein entferntes, beheiztes Materialreservoir verwenden. Es besteht außerdem ein Bedarf ein Zufuhrsystem für einen Tintenstrahldruckkopf, der bei der SFF verwendet wird, zu entwickeln, der von den Farbabgabefähigkeiten der Druckköpfe Gebrauch machen kann.

[0010] Zur Zuführung einer phasenändernden Tinte zu einem Druckkopf für ein zweidimensionales Drucken wurden schon zuvor Hilfsmittel vorgeschlagen. Zum Beispiel wird im US Patent mit der Nummer 5,861,903 von Crawford eine Zufuhr von Tintenstiften oder Tintenblöcken linear in einem Ladebehälter gestapelt, welches den Stift am Ende des Stapels gegen eine Schmelzplatte vorspannt, so dass die geschmolzene Farbe dann in den Druckkopf in einem flüssigen Zustand tropft. Auf ähnliche Weise wird im US Patent mit der Nummer 4,593,292 von Lewis und im US Patent mit der Nummer 4,609,924 von De Young ein langer Block von fester Tinte gegen eine Heizplatte vorgespannt, um die Tinte zur Zuführung der geschmolzenen Tinte zu einem Druckkopf zu schmelzen. Auch im US Patent mit der Nummer 4,636,803 wird ein Vorrat von zylindrischen Pellets von fester Tinte entlang einer länglichen Anordnung vorwärts bewegt, bevor sie zur Verwendung durch ei-

nen Tintenstrahldruckkopf geschmolzen werden. Im US Patent mit der Nummer 4,631,557 von Cooke wird eine Kartusche, die ein Phasen-änderndes Material enthält erwärmt, um es dem geschmolzenen Material zu erlauben in ein Zufuhrsystem für einen Druckkopf abzufließen. Im US Patent mit der Nummer 4,682,185 von Martner wird eine flexible Bahn einer heiß schmelzenden Tinte auf einer Spule zu einem Heizer vorwärts bewegt, wo das Material dann vor der Zuführung zu einem Tintenstrahldruckkopf geschmolzen wird. Im US Patent mit der Nummer 5,341,164 von Miyazawa sind eine Reihe von Ausführungsformen eines Zufuhrsystems für einen Tintenstrahl offenbart. In einer Ausführungsform wird eine längliche Anordnung von fester Tinte vorwärts bewegt und an Ausschnitten vor dem Schmelzen abgebrochen. In einer weiteren Ausführungsform wird eine vertikale Anordnung von festen Tintenkügelchen in einer einzelnen Reihe gehalten und selektiv in den Druckkopf getropft. Allerdings sind diese früheren Hilfsmittel auf Zufuhrsysteme für zweidimensionales Drucken gerichtet und sie betreffen nicht die Probleme, die bei SDM Techniken auftreten, wie z. B. die Frage der Handhabung und Zuführung der erheblich größeren Menge an Baumaterial, die zur Bildung von dreidimensionalen Objekten nötig ist. Beispielsweise müssten die früheren linearen oder matrix-artigen Zufuhrsysteme, wenn sie für SDM verwendet würden, extrem lang sein, um die benötigte Menge an Material halten zu können oder sie würden ein ständiges manuelles Nachfüllen während des Bauprozesses benötigen. Keine dieser Alternativen ist beim SDM erwünscht.

[0011] Ein weiteres Problem, dass für SDM Techniken einzig ist, ist dass die geformten Schichten während des Bauprozesses geformt oder geglättet werden müssen, um eine einheitliche Schicht zu bilden. Das Normalisieren der Schichten wird üblicherweise mit einem Einebnungswerkzeug erreicht, dass einen Teil des in den Schichten abgelagerten Materials entfernt. Ein derartiges Einebnungswerkzeug ist in dem US Patent mit der Nummer 6,270,335 von Leyden offenbart. Allerdings erzeugt das Einebnungswerkzeug Abfallmaterial während des Bauprozesses, dass bearbeitet werden muss. Üblicherweise ist dies kein Problem, wenn mit nicht-reaktiven Materialien gearbeitet wird; es wird allerdings ein Problem wenn reaktive Materialien verwendet werden. Zum Beispiel sind die meisten Photopolymere reaktiv, und ein übermäßiger Kontakt mit der menschlichen Haut kann in Empfindlichkeitsreaktionen resultieren. Damit benötigen alle SFF Prozesse, die photopolymere Materialien verwenden, zusätzliche Bearbeitungsschritte um einen übermäßigen physischen Kontakt mit den Materialien zu minimieren oder zu vermeiden. Beispielsweise tragen bei der Stereolithographie die Anwender üblicherweise Handschuhe, wenn sie mit dem flüssigen Harz umgehen und wenn sie fertige Teile von der Bauplattform entfernen. Allerdings empfin-

den den SDM Anwender, die normalerweise nicht-reaktive Materialien verarbeiten, zusätzliche Bearbeitungsschritte als unbequem und würden es daher wenn möglich bevorzugen, wenn diese vermieden würden. Es besteht daher ein Bedarf an Materialzufuhr- und Abfallsystemen für SDM, die reaktive Materialien verarbeiten können, ohne die Implementierung von speziellen Bearbeitungsverfahren zu benötigen.

[0012] Diese anderen Schwierigkeiten des Standes der Technik werden gemäß der vorliegenden Erfindung überwunden, in dem ein Baumaterial dem Abgabegerät einer SFF Vorrichtung in diskreten Mengen bereitgestellt wird, auf der Basis des aktuellen Bedarfs, wenn die Vorrichtung ein dreidimensionales Objekt bildet.

Kurze Zusammenfassung der Erfindung

[0013] Die vorliegende Erfindung stellt ihre Vorteile über ein breites Spektrum von SFF Verfahren bereit, in dem sie ein Baumaterial dem Abgabegerät einer SFF Vorrichtung in diskreten Mengen auf der Basis des aktuellen Bedarfs zuführt, wenn ein dreidimensionales Objekt gebildet wird.

[0014] Es ist ein Aspekt der vorliegenden Erfindung ein neues Baumaterialzufuhrsystem für eine SFF Vorrichtung bereit zu stellen, welches die oben erwähnten Nachteile des Standes der Technik überwindet.

[0015] Es ist ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung ein neues Baumaterialzufuhrsystem für eine SFF Vorrichtung bereit zu stellen, welches sich die Fähigkeiten zur Ausgabe von mehreren Farben eines Tintenstrahldruckkopfes zu Nutze macht, wenn dreidimensionale Objekte gebildet werden.

[0016] Es ist ein Merkmal der vorliegenden Erfindung, dass das Zufuhrsystem das Baumaterial dem Ausgabegerät nach Bedarf in bestimmten Mengen zuführt, um dreidimensionale Objekte zu bilden.

[0017] Es ist noch ein weiteres Merkmal der vorliegenden Erfindung, dass das von dem Zufuhrsystem zugeführte Baumaterial in einen fließfähigen Zustand benachbart zu dem Abgabegerät erwärmt wird und durch ein Kapillarventil in eine Abgabekammer überführt wird, welche unter Unterdruck betrieben wird.

[0018] Es ist ein Vorteil der vorliegenden Erfindung, dass es nicht länger notwendig ist, eine große Menge an Baumaterial in einem fließfähigen Zustand in einem entfernten Reservoir bei einer erhöhten Temperatur in einer SDM Vorrichtung zu halten.

[0019] Es ist ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung, dass Materialien von einer SDM Vorrichtung verwendet werden können ohne die Notwendig-

keit der Implementierung von speziellen Bearbeitungsschritten für das Material.

[0020] Es ist noch ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung, dass die Menge an Strahlungswärme, die von einer SDM Vorrichtung erzeugt wird, erheblich reduziert wird.

[0021] Es ist noch ein weiterer Vorteil des Zufuhrsystems der vorliegenden Erfindung, dass Tintenstrahl Druckköpfe verwendet werden können, um dreidimensionale Objekte mittels SFF Techniken zu bauen, die visuelle Eigenschaften, wie z. B. Farbe haben.

[0022] Diese und andere Aspekte, Merkmale und Vorteile werden gemäß dem Verfahren und der Vorrichtung der vorliegenden Erfindung erreicht, die ein einzigartiges Baumaterialzufuhrsystem verwendet, dass eine bestimmte Menge an Baumaterial auf einer Bedarfsbasis in einem fließfähigen Zustand zu einem Abgabegerät zuführt. Nachdem das Material dem Abgabegerät zugeführt wurde, wird es von dem nicht fließfähigen Zustand zu einem fließfähigen Zustand gebracht, in dem es dann selektiv ausgegeben werden kann, um ein dreidimensionales Objekt Schicht für Schicht zu bilden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0023] Diese und andere Merkmale und Vorteile des Verfahrens und der Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung werden beim Betrachten der folgenden detaillierten Offenbarung der Erfindung klar werden, insbesondere wenn sie in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen betrachtet wird, bei denen:

[0024] **Fig. 1** eine schematische Seitenansicht eines Festkörperablagerungsformgeräts nach dem Stand der Technik ist;

[0025] **Fig. 2** eine schematische Seitenansicht einer Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung zur Verwendung mit der Festkörperablagerungsmodellierungsvorrichtung von **Fig. 1** ist;

[0026] **Fig. 3** eine schematische Seitenansicht eines Teils des Zufuhrsystems gemäß der vorliegenden Erfindung ist, dass an einem Tintenstrahl Druckkopf befestigt gezeigt ist;

[0027] **Fig. 4** eine schematische isometrische Ansicht einer alternativen Ausführungsform des Zufuhrsystems gemäß der vorliegenden Erfindung ist;

[0028] **Fig. 5** eine schematische isometrische Ansicht eines Containers zum Halten einer bestimmten Menge von Baumaterial zur Verwendung in der in **Fig. 4** gezeigten Ausführungsform ist;

[0029] **Fig. 6** eine Querschnittsansicht des Abfall-

behälters ist, der zu dem in **Fig. 5** gezeigten Container gehört;

[0030] **Fig. 7** eine schematische Ansicht einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist; und

[0031] **Fig. 8** eine isometrische Ansicht einer SDM Vorrichtung der Ausführungsform ist, die schematisch in **Fig. 7** gezeigt ist.

[0032] Um das Verständnis zu erleichtern wurden wenn möglich identische Referenzzeichen verwendet, um identische Elemente die den Figuren gemeinsam sind, zu bezeichnen.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

[0033] Die vorliegende Erfindung stellt ihre Vorteile über ein breites Spektrum von SFF Prozessen bereit. Während die folgende Beschreibung hierin als Repräsentativ für eine Anzahl derartiger Anwendungen betrachtet wird, ist sie nicht abschließend. Wie es verstanden werden wird, können die Basisvorrichtung und die Basisverfahren, die hierin gelehrt werden, einfach an viele Anwendungen angepasst werden. Es wird beabsichtigt, dass diese Beschreibung und die hierin beigefügten Ansprüche einen Umfang haben, der in Übereinstimmung mit dem Rahmen und der hier offenbarten Erfindung ist, unabhängig von einem einschränkend klingenden Sprachgebrauch, der durch die Notwendigkeit bedingt ist, dass auf die speziell offenbarten Beispiele Bezug genommen werden muss.

[0034] Während die vorliegende Erfindung auf alle SFF Techniken und daraus hergestellten Objekte anwendbar ist, wird die Erfindung unter Bezugnahme auf Festkörperablagerungsmodellierung beschrieben, die ein Baumaterial verwendet, dass in einem fließfähigen Zustand ausgegeben wird. Es wird jedoch gewürdigt werden, dass die vorliegende Erfindung mit jeder SFF Technik ausgeführt werden kann und unter Verwendung einer großen Vielfalt von Baumaterialien. Das Baumaterial kann beispielsweise ein durch Licht aushärtbares oder sinterfähiges Material sein, dass bis zu einem fließfähigen Zustand erwärmt wird, aber wenn es erhärtet eine Flüssigkeit mit hoher Viskosität bilden kann, einen Semi-Feststoff, ein Gel, eine Paste oder einen Feststoff. Zusätzlich kann das Baumaterial eine Verbundmischung von Komponenten sein, wie z. B. eine Mischung aus einem Licht aushärtbaren flüssigen Harz und einem pulverförmigen Material, wie z. B. einem Metall, einer Keramik oder einem Mineral, ganz wie gewünscht.

[0035] Hierin verwendet bezeichnet der Begriff „ein fließfähiger Zustand“ eines Baumaterials einen Zu-

stand, in dem das Material nicht in der Lage ist Scherkräften zu widerstehen, die von einem Abgabegerät ausgeübt werden, wie beispielsweise die Kräfte, die von einem Tintestrahldruckkopf ausgeübt werden, wenn das Material ausgegeben wird, wodurch das Material dazu gebracht wird sich zu bewegen oder zu fließen. Vorzugsweise ist der fließfähige Zustand des Baumaterials ein flüssiger Zustand, allerdings kann der fließfähige Zustand des Baumaterials auch isotropische Eigenschaften aufweisen. Die Begriffe „verfestigt“ und „verfestigbar“ wie sie hierin verwendet werden, beziehen sich auf die Phasenänderungseigenschaften eines Materials, wo das Material von dem fließfähigen Zustand zu einem nicht fließfähigen Zustand übergeht. Ein „nicht fließfähiger Zustand“ eines Baumaterials, wie es hierin verwendet wird, ist ein Zustand, in dem das Material unter dem Einfluss seines eigenen Gewichtes ausreichend selbsttragend ist, um seine Form beizubehalten. Ein Baumaterial, welches in einem festen Zustand, einem Gelzustand, einem Pastenzustand oder einem thixotropischen Zustand existiert sind Beispiele eines nicht fließfähigen Zustandes eines Baumaterials für die Zwecke der vorliegenden Beschreibung. Außerdem bezeichnen die Begriffe „gehärtet“ oder „aushärtbar“ jede Polymerisationsreaktion. Die Polymerisationsreaktion wird vorzugsweise durch das Aussetzen zu Strahlung oder thermischer Wärme ausgelöst. Besonders bevorzugt umfasst die Polymerisationsreaktion das Vernetzen von Monomeren und Oligomeren, welches durch Aussetzung zu einer Strahlung im ultravioletten oder infraroten Wellenlängenband initiiert wird. Darüber hinaus bezieht sich der Begriff „ausgehärteter Zustand“ auf ein Material oder ein Teil eines Materials, in dem die Polymerisationsreaktion im Wesentlichen vervollständigt ist. Es sollte anerkannt werden, dass allgemein das Material leicht zwischen dem fließfähigen und dem nicht fließfähigen Zustand vor dem Aushärten wechseln kann, das Material jedoch, nachdem es ausgehärtet ist, nicht zurück zu einem fließfähigen Zustand wechseln kann und durch das Gerät ausgegeben werden kann. Außerdem bezieht sich der Begriff „Stützmaterial“ auf jedes Material, das dazu gedacht ist, ausgegeben zu werden um eine Stützstruktur für die dreidimensionalen Objekte, während diese geformt werden, zu bilden, und der Begriff „Baumaterial“ bezeichnet jedes Material, das dazu gedacht ist, ausgegeben zu werden, um die dreidimensionalen Objekte zu bilden. Das Baumaterial und das Stützmaterial können ähnliche Materialien mit ähnlicher chemischer Formel sein, aber für die hier vorliegenden Zwecke werden sie nur hinsichtlich ihrer vorgesehenen Verwendung unterschieden. Ein bevorzugtes Verfahren zum Ausgeben eines aushärtbaren phasenändernden Materials, um ein dreidimensionales Objekt zu formen und zum Ausgeben eines nicht aushärtbaren phasenändernden Materials, um Stützen für das Objekt zu formen, ist in der gleichzeitig eingereichten US Patentanmeldung mit unserem Aktenzeichen USA.282 offenbart, welche

den Titel hat „Selective Deposition Modeling With Cureable Phase Change Materials“, und welches hiermit durch Inbezugnahme vollständig mit aufgenommen wird. Ein bevorzugtes, aushärtbares Phasenänderungsmaterial und ein nicht aushärtbares Phasenänderungsstützmaterial werden in der gleichzeitig eingereichten US Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen USA.269 offenbart, welche den Titel hat „Ultraviolet Light Cureable Hot Melt Composition“, und welche hierin durch Inbezugnahme vollständig mit aufgenommen wird.

[0036] Insbesondere Bezug nehmend auf **Fig. 1** ist allgemein unter dem Bezugszeichen **11** eine SDM Vorrichtung nach dem Stand der Technik gezeigt, die angepasst werden kann, um das Baumaterialzufuhrsystem gemäß der vorliegenden Erfindung zu verwirklichen. Die SDM Vorrichtung **11** ist beim Aufbauen eines dreidimensionalen Objekts **20** in einer Bauumgebung gezeigt, die allgemein durch das Bezugszeichen **13** angezeigt ist. Das Objekt wird Schicht für Schicht auf einer Baubühne oder Plattform **15** aufgebaut, die durch ein beliebiges, konventionelles Betätigungsmittel **17** genau vertikal positioniert werden kann. Das Objekt wird Schicht für Schicht aufgebaut, in dem ein Baumaterial in einem fließfähigen Zustand ausgegeben wird. Allgemein ist das Baumaterial normalerweise nicht in einem fließfähigen Zustand und wechselt zu einem fließfähigen Zustand, wenn es bei oder über der Fließfähigkeitstemperatur des Materials gehalten wird. Die Bauumgebung **13** wird bei einer Temperatur unterhalb der Fließfähigkeitstemperatur des Materials gehalten, so dass sich das dreidimensionale Teil verfestigen wird, wenn das Baumaterial abgegeben wird. Direkt oberhalb und parallel zu der Baubühne **15** ist ein Schienensystem **19** angeordnet, an dem sich eine Laufkatze **21** befindet, die ein Abgabegerät **14** trägt.

[0037] Allgemein wird der Laufkatze, die das Abgabegerät trägt, ein Baumaterial **23** von einem entfernten Reservoir **25** zugeführt, auf Grund der Großen Menge an Material, die typischerweise durch die SDM Vorrichtung ausgegeben werden muss, um ein dreidimensionales Objekt aufzubauen. Um das Material abzugeben, müssen Heizmittel vorgesehen werden, um das Material in dem Reservoir **25** zu einem fließfähigen Zustand zu erwärmen und um die Temperatur des Materials oberhalb der Fließfähigkeitstemperatur des Baumaterials zu halten. Vorzugsweise ist der fließfähige Zustand des Baumaterials ein flüssiger Zustand. Die Änderung des Materials zu dem fließfähigen Zustand wird zuerst über die Bereitstellung von Heizern **49** an dem Reservoir **25** erreicht und beibehalten und durch die Bereitstellung von Heizern (nicht abgebildet) an der Nabelschnur **51**, die das Reservoir **25** mit dem Abgabegerät **21** verbindet. An dem Abgabegerät **21** ist zumindest eine Ablauföffnung **27** zum Abgeben des Baumaterials angeordnet. Ein Mittel zur Hin- und Herbewegung wird für das

Abgabegerät 21 bereitgestellt, welches auf dem Schienensystem 19 entlang eines horizontalen Pfades durch ein konventionelles Antriebsmittel 29, wie z. B. einen Elektromotor, hin und her angetrieben wird. Allgemein benötigt die Laufkatze, welche das Abgabegerät 21 trägt, mehrere Durchläufe, um eine vollständige Schicht an Material von der Ablauföffnung 27 auszugeben. In **Fig. 1** ist ein Teil einer Schicht von ausgegebenem Material 31 gezeigt, nach dem die Laufkatze gerade ihren Lauf von links nach rechts begonnen hat. Ein abgegebener Tropfen 33 wird im Flug gezeigt und der Abstand zwischen der Ablauföffnung 27 und der Schicht 31 von Baumaterial ist zur Vereinfachung der Darstellung erheblich vergrößert dargestellt. In **Fig. 1** ist auch ein Einebnungswerkzeug 39 gezeigt, welches verwendet wird um die Schichten wie benötigt nach einander zu formen. Eine derartige Formung ist üblicherweise nötig, um die sich addierenden Effekte in der Variation des Tropfenvolumens, der thermischen Störungen u. Ä. zu eliminieren, welche während des Bauprozesses auftreten. Nach dem Formen wird eine glatte, gleichmäßige Schicht erreicht, wie es mit Bezugszeichen 41 angezeigt wird. Überschüssiges Material 43, welches von dem Einebnungswerkzeug 39 entfernt wird, läuft durch eine Abfallnabelschnur 47 zu einem Abfallbehälter 45. Das Abfallmaterial 43 kann weggeworfen oder recycelt werden, was allgemein von der Art des Materials abhängt und der Betriebseigenschaften des Systems.

[0038] Vorzugsweise verwendet ein entfernter Computer 35 eine Datei mit CAD Daten und erzeugt dreidimensionale Koordinatendaten eines Objektes, was allgemein als eine STL Datei bezeichnet wird. Wenn ein Anwender ein Objekt zu bauen wünscht, wird ein Druckbefehl an dem entfernten Computer ausgeführt, in dem die STL Datei mittels einer Print Client Software verarbeitet wird, die zu der SDM Vorrichtung 11 als ein Druckauftrag gesendet wird. Der Druckauftrag wird verarbeitet und, wie gewünscht, mittels eines konventionellen Datenübertragungsmediums, wie z. B. einem Magnetscheibenband, einem Mikroelektronikspeicher o. Ä. übertragen. Die Datenübertragungswege und Steuerungen der SDM Vorrichtung werden durch gestrichelte Linien bei 37 angedeutet. Die Daten werden in ein vorbestimmtes Muster für jede Schicht des aufzubauenden dreidimensionalen Objekts verarbeitet. Eine Computersteuerung (nicht abgebildet) verwendet die vorbestimmten Musterdaten um die geeigneten Steuerungsbefehle zu erzeugen um die Vorrichtung zu bedienen, um das dreidimensionale Objekt zu formen.

[0039] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird nun ein neues Baumaterialzufuhrsystem allgemein mit dem Bezugszeichen 10 in **Fig. 2** gezeigt und welches in Verbindung mit der Festkörperablagerungsmodellervorrichtung 11 nach dem Stand der Technik verwendet werden kann, die in **Fig. 1** gezeigt ist. Vorteil-

haft verzichtet das neue Baumaterialzufuhrsystem 10 auf das Reservoir 25, die Nabelschnur 51 und die Heizelemente 49, die an dem Reservoir der Vorrichtung nach dem Stand der Technik befestigt waren. Das neue Verfahren zum Abgeben des Baumaterials durch die Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst das Bereitstellen von zumindest einer Wartestation, zum Bereitstellen einer Vielzahl von diskreten Mengen an Baumaterial in einem nicht fließfähigen Zustand. Eine Mehrzahl von diskreten Mengen an Baumaterial wird dann in der Wartestation in zufälliger Reihenfolge beladen. Eine diskrete Menge an Baumaterial wird dann zu zumindest einem Trichter an dem Abgabegerät zugeführt. Die diskrete Menge an Baumaterial wird dann von dem nicht fließfähigen Zustand zu dem fließfähigen Zustand gebracht. Das Baumaterial in dem fließfähigen Zustand wird dann zu einem Behälter des Abgabegerätes bewegt und schließlich in dem fließfähigen Zustand Schicht für Schicht abgegeben, um Schichten eines dreidimensionalen Objektes zu bilden. Falls nötig, kann ein zusätzlicher Schritt des Bereitstellens einer Umgebung für das Baumaterial implementiert werden, um es nach der Abgabe in einer Schicht in den nicht fließfähigen Zustand zurückzuführen.

[0040] In einer Ausführungsform wird das diskrete, nicht fließfähige Baumaterial tropfenweise zu Trichtern zugeführt, die an den Abgabegeräten angeordnet sind. Die Trichter sind mit Heizern versehen, welche das Baumaterial dazu verleiten in den fließfähigen Zustand zu wechseln. Die Trichter sind über einen Durchgang in Kommunikation mit einem Behälter, wobei das fließfähige Baumaterial durch den Durchgang und in das Volumen des Behälters geführt wird, welcher das Material in dem fließfähigen Zustand hält. Das Material wird dann durch die Ablauföffnungen des Abgabegerätes abgegeben. In einer Ausführungsform umfasst der Durchgang ein Kapillarventil, welches eine effektive Kapillarkraft hat, die größer ist als die Kapillarkraft der Ablauföffnung, um es zu ermöglichen, dass das fließfähige Baumaterial in den Aufnahmebehälter gezogen wird. Der Aufnahmebehälter wird bei Unterdruck gehalten, um zu verhindern, dass Baumaterial von den Ablauföffnungen abgezogen wird und auch um beim Ziehen von neuem Baumaterial in den Aufnahmebehälter von dem Trichter zu helfen. In einer weiteren Ausführungsform wird zumindest ein Trichter und zumindest ein Aufnahmebehälter für jedes Abgabegerät bereitgestellt.

[0041] Das Abgabegerät ist vorzugsweise ein Tintenstrahldruckkopf, obwohl andere Ausgabegeräte verwendet werden können, falls gewünscht. In einer Ausführungsform ist zumindest ein Trichter mit einem Abgabegerät versehen, um abzugebendes Baumaterial zu empfangen, um das dreidimensionale Objekt zu bilden, und zumindest ein Trichter ist mit dem Abgabegerät versehen, um ein Stützmaterial zu empfangen, um eine Stützstruktur für das Objekt zu bil-

den. In einer weiteren Ausführungsform gibt ein Tintenstrahldruckkopf ein Baumaterial ab, um das dreidimensionale Objekt zu formen und ein weiterer Tintenstrahldruckkopf gibt ein Stützmaterial ab, um Stützen für das Objekt zu formen.

[0042] In noch einer weiteren Ausführungsform ist jedem Trichter eine einzigartige visuelle Eigenschaft zugeordnet und diskrete Mengen an Baumaterial, die zu den zugehörigen visuellen Eigenschaften gehören, werden den jeweiligen Trichtern zugeführt. Vorzugsweise wird ein Farbzusatz, wie z. B. ein Farbstoff, ein Pigment, den diskreten Mengen an Baumaterial zugeführt um die Farben Zyan, Magenta, Gelb und Schwarz bereitzustellen. Die unterschiedlich gefärbten Baumaterialien werden selektiv zu den spezifischen Trichtern zugeführt, um es der SFF Vorrichtung zu ermöglichen, dreidimensionale Objekte in Farbe zu bilden. Dies wird ermöglicht in dem vorgesehen wird, dass eine Mehrzahl von Ablauföffnungen in Kommunikation mit jedem Aufnahmebehälter ist, die einem bestimmten Trichter zugeordnet sind, so dass das Abgabegerät selektiv das Baumaterial mit jedem Farbaditiv jeder Farbkoordinate einer Schicht des dreidimensionalen Objekts abgeben kann.

[0043] Alternativ können die Trichter mit unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften zugeordnet werden, die zu unterschiedlichen Formeln des Baumaterials gehören, wodurch das Zufuhrsystem für diskrete Baumaterialien die Bildung von nicht homogenen dreidimensionalen Objekten durch irgendeine SFF Technik ermöglichen würde.

[0044] In einer bevorzugten Ausführungsform ist das Zufuhrsystem in einem Abfallentsorgungssystem integriert und diskrete Mengen an Aufbaumaterial werden in Container bereitgestellt. Die Container umfassen eine Abfallaufnahme, worin Abfallmaterial, das beim Formen der Schichten erzeugt wird, in die Abfallaufnahme abgelagert wird. Vorzugsweise verarbeitet das Zufuhrsystem zwei separate Zufuhrmaterialien, wobei eines ein Baumaterial ist, um das Objekt zu bilden und das andere ein Stützmaterial ist, um das Objekt während des Bauprozesses zu stützen. Nachdem das Material in einem Container im Wesentlichen vollständig abgegeben wurde, wird die Abfallaufnahme, welche das Abfallmaterial enthält, hermetisch dicht abgeschlossen und der Container wird ausgestoßen. Vorteilhafterweise können die Container ohne die Notwendigkeit von speziellen Handhabungsverfahren für das Abfallmaterial verarbeitet werden. Dies macht den Abfall sicher zur Entsorgung, wie z. B. in dem Abfall einer Einrichtung zugeführt wird, die das Abfallmaterial entfernt und die Container, falls gewünscht, recyceln kann. Alternativ, wenn das Abfallmaterial reaktiv ist, und auf Strahlung reagiert, kann es durch Strahlungsaussetzung in der Abfallaufnahme, falls gewünscht, ausgehärtet werden.

[0045] Nun wieder Bezug nehmend auf **Fig. 2** umfasst das Baumaterialzufuhrsystem **10** allgemein ein Abgabegerät **14** und ein Zufuhrmittel für Baumaterial, welches allgemein bei Bezugszeichen **34** gezeigt ist. In dieser Ausführungsform kann das Zufuhrsystem für Baumaterial allgemeiner als ein mechanischer Impulszähler beschrieben werden, der in der Lage ist, diskrete Mengen an nicht fließfähigem Baumaterial nach Bedarf zu dem Abgabegerät **14** zuzuführen. Diskrete Mengen an Baumaterial sind bei Bezugszeichen **18** gezeigt und haben in dieser Ausführungsform eine Kugelform mit einem durchschnittlichen Kugeldurchmesser von etwa einem Zoll (1 inch). Allerdings kann die Form der diskreten Menge an Baumaterial auch kubisch, konisch, zylindrisch oder ähnlich sein. Sie können auch in einer gemeinsamen, gleichmäßigen Form ausgebildet sein, wie z. B. den Formen, die üblicherweise in der pharmazeutischen Industrie für Tabletten und Pillen verwendet werden. Sie können auch die Form von Pellets annehmen oder sogar Granulat sein. Alternativ können die Formen nicht gleichmäßig sein oder zufällig, wie gewünscht.

[0046] Bevor die diskreten Mengen an Baumaterial dem Abgabegerät zugeführt werden, werden sie in Materialwartestationen gehalten, die allgemein bei dem Bezugszeichen **12** gezeigt sind. Die Wartestationen werden durch die Bereitstellung von zumindest einem Haltebehälter verwirklicht, der bei dem Bezugszeichen **36** gezeigt ist. Vorzugsweise enthält jeder Haltebehälter nur eine Mehrzahl von diskreten Mengen von Aufbaumaterial, die alle eine gemeinsame Eigenschaft haben, wie z.B. dass sie dasselbe Farbaditiv beinhalten, dieselbe Materialformel o. Ä. Es ist wichtig anzumerken, dass eine große Menge an diskreten Mengen von Baumaterial in den Wartestationen enthalten sein müssen, da die meisten SDM Techniken eine größere Menge an Material von dem Druckkopf abgeben müssen, verglichen an der Menge an Material, die bei zweidimensionalen Drucktechniken abgegeben werden. Daher sind die Wartestationen **36** recht groß und wie in **Fig. 2** gezeigt werden die diskreten Mengen an Baumaterial **18** zufällig innerhalb der Wartestation angeordnet. In dieser Konfiguration spart die zufällige Anordnung des Materials **18** in den Wartestationen eine erhebliche Raummenge in der Vorrichtung verglichen mit dem Stapeln des Materials auf eine lineare Weise.

[0047] Bei den Bezugszeichen **38A** bis **38D** sind Abgabebetätigungsmittel gezeigt, welche die diskreten Mengen an Baumaterial zu den Trichtern **16** zuführen, die an dem Abgabegerät **14** angeordnet sind. Vorzugsweise gibt es einen Trichter **16** für jede Materialwartestation **12** und zumindest einen Trichter **16** für jedes Abgabegerät **14**. Wenn einem Trichter das Baumaterial ausgeht, aktiviert das Computersteuerungssystem (nicht abgebildet) das geeignete Abgabebetätigungsmittel **38A-38D**, um eine diskrete Men-

ge an Baumaterial **18** dem Trichter **16** zuzuführen. Vorzugsweise ist für jeden Trichter **16** ein Sensor (nicht abgebildet) vorgesehen, der einen geringen Befüllungszustand des Trichters entdeckt. In Antwort auf den niedrigen Befüllungszustand gibt das Computersteuersystem ein Signal an das Abgabebetätigungsmittel aus, das dem Trichter mit dem niedrigen Befüllungszustand zugeordnet ist. Dieses Signal veranlasst das Abgabebetätigungsmittel eine diskrete Menge an Baumaterial zu dem Trichter zuzuführen. Bei dem Bezugszeichen **18A** in **Fig. 2** ist beispielsweise eine diskrete Menge an Baumaterial im Flug gezeigt, wie sie dem Trichter **16** zugeführt wird. Dies zeigt eine tropfenweise Zufuhr des Baumaterials zu dem Abgabegerät **14**.

[0048] Die vorliegende Erfindung ist einzigartig, da die diskreten Mengen von nicht genutztem Baumaterial **18** bedarfsweise dem Abgabegerät **14** in einem nicht fließfähigen Zustand zugeführt werden. Diese diskrete oder quantisierte Vorgehensweise beim Zuführen von Baumaterial zu dem Abgabegerät einer SFF Vorrichtung führt zu einem erheblichen Vorteil gegenüber SFF Systemen nach dem Stand der Technik. Ein Vorteil ist, dass sie vollständig das erwärmte Reservoir des Standes der Technik eliminiert sowie das Nabelschnurzufuhrsystem. Noch wichtiger ist es, dass System einfach anpassbar ist, um jede Anzahl von unterschiedlichen Baumaterialien gleichzeitig auszugeben. Beispielsweise können Farbaditive, wie z. B. Farbstoffe oder Pigmente, den diskreten Mengen an Baumaterial **18** vorher zugemischt werden, welche dann ihren jeweiligen Trichtern an dem Abgabegerät **14** zugeführt werden, um ein dreidimensionales Objekt in Farbe zu bilden.

[0049] Der nächste Schritt in dem Zufuhrsystem für Baumaterial, nachdem die diskreten Mengen an Baumaterial **18** den Trichtern **16** zugeführt wurden, ist es den nicht fließfähigen Zustand des Baumaterials zu einem fließfähigen Zustand zu ändern. Vorzugsweise ist ein Heizmittel an dem Abgabegerät vorgesehen, wie z. B. durch das Bereitstellen von Heizelementen (nicht abgebildet) an dem Abgabegerät und dem Trichter, um die Temperatur des Materials zu erhöhen, um es so von dem nicht fließfähigen Zustand zu einem fließfähigen Zustand zu bringen. Die Zustandsänderung ist in **Fig. 2** durch die Bezugszeichen **18B**, **18C** und **18D** angezeigt, worin das Baumaterial gezeigt ist, wie es progressiv von dem nicht fließfähigen Zustand zu dem fließfähigen Zustand wechselt. In **Fig. 3** gezeigt umfasst der Trichter **16** eine Rückhaltewand **26**, die auch zur Übertragung von Wärme zu der diskreten Menge an Baumaterial **18** verwendet werden kann, wodurch dieses dazu gebracht wird, in den fließfähigen Zustand zu wechseln, wie es bei Bezugszeichen **32** angezeigt ist. Es ist dieser fließfähige Zustand, in dem das Baumaterial in der Lage ist zu dem Aufnahmebehälter zugeführt zu werden, um selektiv mittels der Ablauföffnung **27** des

Abgabegeräts abgegeben zu werden. Obwohl nur ein Trichter **16** und ein Aufnahmebehälter **22** in **Fig. 3** gezeigt sind, kann jede Anzahl oder Kombination für jedes Abgabegerät, wie gewünscht, verwendet werden.

[0050] Nun Bezug nehmend auf **Fig. 3** ist eine schematische Querschnittsansicht des Abgabegeräts **14** gezeigt. Das Abgabegerät **14** ist mit einem Aufnahmebehälter **22** versehen, der in Kommunikation mit dem Trichter **16** über einen Durchgang oder ein Kapillarventil **24** ist. Der Aufnahmebehälter enthält ein Volumen eines Baumaterials in einem fließfähigen Zustand, wie es durch Bezugszeichen **30** identifiziert ist. Vorzugsweise ist der Durchgang ein Kapillarventil, welches eine effektive Kapillarkraft hat, die größer ist als die Kapillarkraft der Ablauföffnung **27**. Typischerweise beträgt die Kapillarkraft der meisten Tintenstrahlköpfe zwischen etwa 3–9 Zoll H₂O. Es ist somit wünschenswert ein poröses Material für das Kapillarventil **24** auszuwählen, dass eine effektive Kapillarkraft hat, die größer ist als etwa 9 Zoll H₂O. Zufriedenstellende Resultate können durch die Verwendung von Metallmaschenfiltern erreicht werden, die eine effektive Kapillarkraft von zwischen etwa 25–60 Zoll H₂O haben. Wenn an den Aufnahmebehälter **22** ein Unterdruck angelegt wird, wird das fließfähige Baumaterial **32** durch das Kapillarventil oder den Durchgang **24** gezogen und in den Aufnahmebehälter **22** hinein. Wie in **Fig. 3** gezeigt, wird der Unterdruck auf das Materialvolumen in dem Aufnahmebehälter **22** über eine Vakuumleitungsverbindung **28** ausgeübt. Alternativ kann der Aufnahmebehälter eine allgemein abgedichtete Membran umfassen o. Ä., und der Unterdruck kann durch Bereitstellen einer vorgespannten Feder innerhalb der Membran bereitgestellt werden, falls gewünscht. Allgemein wird der Unterdruck benötigt, um das fließfähige Baumaterial in dem Reservoir **30** daran zu hindern durch die Ablauföffnung **27** abzufließen, wenn der Tintenstrahl-druckkopf nicht in Verwendung ist. Das in **Fig. 3** gezeigte Kapillarventil ist vom Konzept her ähnlich wie das, welches im US Patent mit der Nummer 5,280,300 von Jon Fong worin das Kapillarventil in Verbindung mit dem Wiederbefüllen einer wässrigen Tintenlösung in einer Tintenstrahlkartusche verwendet wird.

[0051] Vorzugsweise wird das obere Oberflächenniveau **40** des fließfähigen Baumaterials **30** in dem Aufnahmebehälter **22** durch einen Sensor (nicht gezeigt) überwacht. Wenn das Material von der Ablauföffnung **27** abgegeben wird, beginnt das Volumen des fließfähigen Baumaterials **30** in dem Aufnahmebehälter abzunehmen, was zu einem niedrigen Befüllungszustand führt, der von dem Sensor entdeckt wird. Der Sensor bietet dann der Computersteuerung ein Signal, welches wiederum dem geeigneten Abgabebetätigungsmittel **38A–38D** signalisiert eine weitere diskrete Menge an nicht fließfähigem Baumaterial **18** in

den Trichter **16** zu führen. Dieses nicht verwendete Material wechselt dann zu dem fließfähigen Zustand, z. B. durch die Anwendung von Wärme, und es wird in den Aufnahmebehälter **22** gezogen um den Vorrat an fließfähigem Baumaterial **30** aufzufüllen. Somit dienen der Sensor (die Sensoren), das Abgabebetätigungsmittel (die Abgabebetätigungsmittel) und das Computersteuerungssystem dazu, die diskreten Mengen an Baumaterial zu den Trichtern nach Bedarf zuzuführen.

[0052] Es soll anerkannt werden, dass ein einzigartiges Merkmal der vorliegenden Erfindung darin liegt, dass diskrete, nicht fließfähige Mengen an Baumaterial selektiv direkt dem Abgabegerät zugeführt werden. Durch das Zuführen von diskreten, nicht fließfähigen Mengen an Baumaterial zu dem Abgabegerät werden viele Vorteile erreicht. Zum Beispiel besteht nicht länger eine Notwendigkeit, einen großen, beheizten, entfernten Container bereit zu stellen, der fließfähiges Material über eine Nabelschnur zu dem Abgabegerät zuführt. Dies eliminiert eine erhebliche Menge an Wärme, die zuvor bereitgestellt wurde um das Material in dem fließfähigen Zustand zu halten. Allerdings gibt es noch andere einzigartige Vorteile der vorliegenden Erfindung. Da diskrete Mengen an Material selektiv den verschiedenen Trichtern zugeführt werden, kann das System einfach angepasst werden um entweder selektiv unterschiedliche Materialien auszugeben oder um selektiv ein einzelnes Baumaterial mit unterschiedlichen Additiven, wie z. B. Pigmenten oder Farbstoffen, falls gewünscht, auszugeben.

[0053] Zum Beispiel kann in einer Ausführungsform ein Trichter vorgesehen sein, um ein Baumaterial zuzuführen, dass exklusiv zum Bauen des dreidimensionalen Objekts abgegeben wird, während andere Trichter dem Zuführen eines Baumaterials gewidmet sein können, das exklusiv zum Bilden einer Stützstruktur für das dreidimensionale Objekt ausgegeben wird. Alternativ könnten mehr als ein Abgabegerät vorgesehen sein, d. h. ein Tintenstrahl Druckkopf, wobei einer zum exklusiven Abgeben von Baumaterial zur Bildung des dreidimensionalen Objekts vorgesehen ist und ein weiterer könnte zum exklusiven Abgeben des Stützmaterials vorgesehen sein, um eine Stützstruktur des dreidimensionalen Objekts zu bilden, wie benötigt.

[0054] In einer weiteren Ausführungsform kann das Abgabegerät **14** eine Mehrzahl von Trichtern haben, worin jedem Trichter eine einzigartige visuelle Eigenschaft zugeordnet ist. Die einzigartige visuelle Eigenschaft, die den Trichtern zugeordnet ist, kann Farbe, Tönung, Textur, Fluoreszenz oder Transluzenz betreffen. Wenn z. B. Farbe die einzigartige visuelle Eigenschaft wäre, die den Trichtern zugeordnet ist, würden Tabletten oder Pellets des Baumaterials, in denen ein Farbstoff schon enthalten ist, exklusiv ei-

nem Trichter zugeführt werden, der dieser Farbe zugeordnet ist. Es ist somit vorgesehen, dass die diskreten Mengen an Baumaterial selektiv den Trichtern mit spezifischen Farbstoffen zugeführt werden, um es dem Tintenstrahl Druckkopf zu ermöglichen, dreidimensionale Objekte in Farbe zu bauen. In einer Ausführungsform können Farbstoffe wie beispielsweise Zyan, Magenta, Gelb und Schwarz den diskreten Mengen an Baumaterial bereit gestellt werden und selektiv den Trichtern zugeführt werden, denen Zyan, Magenta, Gelb und Schwarz zugeordnet ist. Die Trichter können dann in Kommunikation mit Aufnahmebehältern sein, die es erlauben, dass das Baumaterial mit den verschiedenen Farben selektiv zu jeder Koordinate einer Schicht des dreidimensionalen Objekts abgegeben wird. Vorzugsweise werden eine Mehrzahl von Ablauföffnungen bereitgestellt, die in Kommunikation mit jedem Aufnahmebehälter sind der jedem Trichter zugeordnet ist, so dass das Abgabegerät selektiv das Baumaterial mit jedem Farbstoff zu jeder Koordinate des dreidimensionalen Objekts abgeben kann. Es ist somit vorgesehen, dass dreidimensionales Farbaufbauen mittels SDM erreicht werden kann, in dem das einzigartige Abgabegerät der vorliegenden Erfindung verwendet wird.

[0055] Alternativ könnten die Trichter mit unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften von unterschiedlichen Baumaterialformeln zugeordnet sein. Beispielsweise könnten Baumaterialien mit unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften selektiv an jeder Koordinate in jeder Schicht des dreidimensionalen Objekts abgegeben werden. Dies würde wünschenswert zusammengesetzte, nicht homogene, dreidimensionale Objekte bilden, wie z. B. Objekte, die teilweise keramisch und teilweise metallisch sind.

[0056] Das in **Fig. 1** gezeigte Abgabegerät läuft in einer horizontalen Ebene hin und her, während die Baubühne stationär bleibt. Allerdings können andere Bewegungsmittel verwendet werden, um das Abgabegerät und die Baubühne jeweils zu bewegen, wenn das Baumaterial abgegeben wird. Beispielsweise könnte das Abgabegerät stationär gehalten werden und die Baubühne könnte hin und her bewegt werden, wie gewünscht, wie es in **Fig. 7** gezeigt ist. Darüber hinaus könnten, falls gewünscht, sowohl das Abgabegerät als auch die Baubühne hin und her bewegt werden. Zusätzlich, wenn zwei oder mehr Abgabegeräte verwendet werden, können sie so konfiguriert sein, um in unterschiedliche Richtungen innerhalb einer horizontalen Ebene, falls gewünscht, hin und her bewegt zu werden. Alternativ müssen sich die Bewegungsmittel nicht auf eine Hin- und Herbewegung beschränken. Beispielsweise könnte die Baubühne kontinuierlich um eine Achse drehen, die benachbart eines stationären Abgabegerätes ist und umgekehrt, falls gewünscht.

[0057] Bezug nehmend auf **Fig. 4** ist eine bevorzug-

te Ausführungsform des Baumaterialzufuhrsystems **10** zeigt. In dieser Ausführungsform bildet die Wartestation **12** ein Magazin zum Halten einer Mehrzahl von Container **42**. Die Container halten eine diskrete Menge an Baumaterial, das ursprünglich in einem nicht fließfähigen Zustand ist. Die Container **42** sind vorzugsweise Kartuschen, die nicht verwendetes Material enthalten und die zu Beginn in das Magazin per Hand durch einen Anwender geladen werden, wobei allerdings der Ladevorgang auch automatisiert sein könnte, falls gewünscht. In dieser Ausführungsform sind die Kartuschen in einer linearen Weise gestapelt. Durch Bereitstellen einer erheblichen großen Menge an Baumaterial in jeder Kartusche kann die Länge des Magazins auf eine akzeptable Größe minimiert werden, wodurch lineares Stapeln der Kartuschen vereinfacht wird. Das Bereitstellen einer erheblichen großen Menge an Baumaterial in den Kartuschen ist möglich, da das Material in jeder Kartusche langsam und bedarfsweise dem Druckkopf ausgegeben wird, anstatt das es auf einmal dem Druckkopf zugeführt wird. Der Trichter umfasst einen mechanischen Impulsgeber **44** der die Kartuschen aufnimmt und sie dann in eine Position dreht, wo eine Extrusionsstange **46** Kraft auf die Kartusche ausübt, um das Baumaterial aus der Kartusche zu entfernen. Das Material wird durch eine Öffnung an dem Ende in **Fig. 5** bei Bezugszeichen **70** gezeigt und in einen Filter **48** entfernt. Die Extrusionsstange **46** ist axial entlang einer Welle **54** durch einen Zufuhrmotor **52** vorgespannt. Während die Extrusionsstange **46** die Kraft zum Ausstoßen des Baumaterials aufbringt, fließt das Material durch den Filter **48** und wird dem Abgabegerät **14** zugeführt.

[0058] Es sollte angemerkt werden, dass die Menge an Kraft, die durch die Extrusionsstange ausgeübt wird, eine erhebliche Menge an Scherbelastung auf das Material in der Kartusche ausübt, um das Material auszustoßen. Die Größe dieser Kraft ist so erheblich, dass das Material nicht in dem fließfähigen Zustand sein muss, um es von der Kartusche auszustoßen. Abhängig von dem Baumaterial und den Spezifikationen des Abgabegerätes kann der Filter weggelassen werden. Wenn jedoch ein Tintenstrahldruckkopf als das Abgabegerät verwendet wird, kann es wünschenswert sein, das Baumaterial durch einen 5 Mikrometer Filter zu führen, bevor das Material dem Druckkopf zugeführt wird. Alternativ kann der Filter von der SDM Vorrichtung weggelassen werden, wenn das Material vor dem Laden des Materials in die Kartuschen gefiltert wurde. In dieser Ausführungsform werden die diskreten Mengen an Baumaterial in den Kartuschen der Wartestation **12** zugeführt, während das Baumaterial in einem nicht fließfähigen Zustand ist. Heizelemente, die mit Bezugszeichen **15** identifiziert werden, sind an der Wartestation **12**, an dem Impulsgeber **44**, an dem Filter **48** und an dem Abgabegerät **14** angeordnet. Die Heizelemente **40** bieten eine thermische Wärme, um das

Baumaterial in den fließfähigen Zustand zu überführen und um das Baumaterial in dem fließfähigen Zustand zu halten, während es sich durch das Zufuhrsystem zu dem Druckkopf bewegt. Vorzugsweise geht das Baumaterial von dem nicht fließfähigen Zustand zu dem fließfähigen Zustand in der Kartusche über, bevor es dem Impulsgeber **44** zugeführt wird, obwohl dies nicht verlangt ist.

[0059] Die Ausführungsform von **Fig. 4** zeichnet sich dadurch aus, dass ein Abfallentsorgungsmittel mit dem Baumaterialzufuhrsystem **10** integriert ist. Abfallmaterial das in **Fig. 7** mit dem Bezugszeichen **58, 92** und **43** gezeigt ist, welches während dem Einleiten erzeugt wird, wird durch eine Abfallnabelschnur **56** zurückgeführt und einem Abfallempfangsbehälter **60** zugeführt, der an dem Container **42** vorgesehen ist. Das Abfallentsorgungsmittel ist einzigartig, da es reaktives Abfallmaterial aufnehmen kann, wie z. B. ein nicht ausgehärtetes Photopolymermaterial, und das Abfallmaterial hermetisch in jeder Kartusche vor dem Ausgeben der Kartusche versiegelt. Es ist wünschenswert dass die versiegelten und ausgegebenen Container **66** direkt von Anwendern in einer Büroumgebung gehandhabt werden können, wodurch die Notwendigkeit für spezielle Handhabungsprozedere für das Abfallmaterial eliminiert wird.

[0060] Insbesondere Bezug nehmend auf **Fig. 7** ist allgemein bei den Bezugszeichen **86** eine bevorzugte Festkörperfreiformherstellungsvorrichtung gezeigt. Diese Vorrichtung **86** ist so dargestellt, dass sie schematisch das Materialzufuhr- und abfallsystem **10** von **Fig. 4** umfasst. Im Gegensatz zu der Vorrichtung nach dem Stand der Technik, die in **Fig. 1** gezeigt ist, wird die Baubühne **15** durch das konventionelle Antriebsmittel **29** hin und her bewegt, anstelle der Abgabe-Laufkatze. Die Abgabe-Laufkatze **21** wird vertikal präzise durch Betätigungsmittel **17** bewegt, um die Dicke der Schichten des Objekts **20** zu steuern. Das Betätigungsmittel **17** umfasst vorzugsweise lineare Betätigungsmittel für präzise Gewindespindel, die durch Servomotoren angetrieben sind. In der bevorzugten Ausführungsform ruhen die Enden der linearen Betätigungsmittel **17** an entgegen gesetzten Enden der Baumgebung **13** und in einer Querrichtung zu der Richtung der Hin- und Herbewegung der Baubühne. Um die Darstellung in **Fig. 7** zu vereinfachen sind sie jedoch in einer zweidimensionalen, flachen Weise dargestellt, wodurch der Eindruck erweckt wird, dass die linearen Betätigungsmittel in der Richtung der Hin- und Herbewegung der Baubühne **15** ausgerichtet sind. Obwohl sie mit der Richtung der Hin- und Herbewegung ausgerichtet sein können, ist es bevorzugt, dass sie in einer Querrichtung angeordnet sind, um den Raumbedarf innerhalb der Vorrichtung zu optimieren.

[0061] In der Baumgebung, die allgemein durch das Bezugszeichen **13** angezeigt wird, ist bei Be-

zugszeichen **20** ein dreidimensionales Objekt gezeigt, welches mit integral ausgebildeten Stützen **53** geformt wird. Das Objekt **20** und die Stützen **53** ruhen beide in einer ausreichend festen Weise auf der Baubühne **15**, um die Beschleunigung und die Abbremsungseffekte während der Hin- und Herbewegung der Baubühne auszuhalten, während sie jedoch immer noch von der Bühne entfernbar sind. Um dies zu erreichen, ist es wünschenswert zumindest eine komplette Schicht von Stützmaterial auf der Baubühne vor dem Ausgeben des Baumaterials abzulagern, da das Stützmaterial so gestaltet ist, um am Ende des Bauprozesses entfernt werden zu können. In dieser Ausführungsform wird das Material, das bei Bezugszeichen **23A** angezeigt ist, von der Vorrichtung **10** ausgegeben, um das dreidimensionale Objekt **20** zu bilden und das Material, welches durch Bezugszeichen **23B** angezeigt ist, wird zur Bildung der Stütze **53** ausgegeben. Container, die allgemein durch Bezugszeichen **42A** und **42B** angezeigt sind, halten jeweils eine bestimmte Menge dieser zwei Materialien **23A** und **23B**. Nabelschnüre **51A** und **51B** führen das Material jeweils zum Abgabegerät **27**, welches in der bevorzugten Ausführungsform ein Tintenstrahl-druckkopf ist, der eine Mehrzahl von Ablauföffnungen aufweist.

[0062] Die Materialien **23A** und **23B** sind vorzugsweise Materialien, die ihre Phase ändern können, die in einen flüssigen Zustand erwärmt werden, und wobei Heizmittel (nicht abgebildet) an den Nabelschnüren **51A** und **51B** vorgesehen sind, um die Materialien in einem fließfähigen Zustand zu halten, während sie dem Abgabegerät **27** zugeführt werden. Bei dieser Ausführungsform ist der Tintenstrahl-druckkopf so konfiguriert um sowohl Materialien von einer Mehrzahl von Ablauföffnungen abzugeben, so dass beide Materialien selektiv Schicht für Schicht an jeder Stelle in jeder geformten Schicht abgelagert werden können. Wenn das Abgabegerät **27** zusätzliches Material **23A** oder **23B** benötigt, werden Extrusionsstangen **40A** bzw. **46B** betätigt, um das Material aus den Containern **42A** und **42B** durch die Nabelschnüre **51A** und **51B** zu extrudieren, und es zu den Ablauföffnungen **27** des Abgabegeräts **14** zu führen.

[0063] Die Abgabe-Laufkatze **21** in der in **Fig. 7** gezeigten Ausführungsform umfasst ein beheiztes Einebnungswerkzeug **39**, welches überschüssiges Material von den Schichten entfernt, um die abgegebenen Schichten zu normalisieren. Das beheizte Einebnungswerkzeug kontaktiert das Material in einem nicht fließfähigen Zustand und da es geheizt ist transformiert es einen Teil des Materials stellenweise zu einem fließfähigen Zustand. Aufgrund der Oberflächenspannungskräfte haftet dieses überschüssige fließfähige Material an der Oberfläche des Einebnungswerkzeuges und wenn das Einebnungswerkzeug dreht, wird das Material zu den Abschabern **90** gebracht, die in Kontakt mit dem Einebnungswerk-

zeug **39** sind. Der Abschaber **90** trennt das Material von der Oberfläche des Einebnungswerkzeuges **39** und leitet das fließfähige Material in einen Abfallbehälter, der allgemein durch das Bezugszeichen **94** angezeigt ist, und an der Laufkatze **21** angeordnet ist. Ein Heizer **96** und ein Thermistor **98** an dem Abfallbehälter **94** dienen dazu die Temperatur des Abfallbehälters auf einem ausreichenden Niveau zu halten, so dass das Abfallmaterial in dem Behälter im fließfähigen Zustand verbleibt. Der Abfallbehälter ist mit einer beheizten Abfallnabelschnur **56** verbunden, um das Abfallmaterial den Abfallbehältern **60A** und **60B** zuzuführen. Dem Abfallmaterial wird es ermöglicht aufgrund der Schwerkraft nach unten zu den Abfallempfangsbehältern **60A** und **60B** zu fließen. Obwohl nur eine Nabelschnur **56** gezeigt ist, die über eine Stoßlasche mit jedem Abfallempfangsbehälter verbunden ist, ist es bevorzugt eine separate Abfallnabelschnur **56** zwischen dem Abfallbehälter **94** und jedem Abfallempfangsbehälter **60A** und **60B** vorzusehen.

[0064] Für jeden Abfallempfangsbehälter **60A** und **60B** existiert ein zugeordnetes Magnetventil **100A** und **100B**, um die Zufuhr an Abfallmaterial zu den Abfallempfangsbehältern zu regulieren. Die Ventile **100A** und **100B** verbleiben vorzugsweise geschlossen und öffnen nur, wenn die jeweilige Extrusionsstange **46A** bzw. **46B** betrieben wird, um zusätzliches Material zu entfernen. Wenn z. B. nur die Extrusionsstange **46A** in Betrieb genommen wird, wird nur Ventil **100A** geöffnet, um es zu ermöglichen, das Abfallmaterial **43** in den Abfallempfangsbehälter **60A** auszugeben. Diese Rückkoppelungssteuerung der Ventile verhindert die Zuführung von zu viel Abfallmaterial zu dem jeweiligen Abfallempfangsbehälter in dem die Zufuhr an Abfallmaterial in die Abfallempfangsbehälter im Verhältnis zu der Rate, mit der Material von den Containern zu dem Abgabegerät zugeführt wird, ausgeglichen wird. Somit wird die Zufuhr von Abfallmaterial zu den Abfallempfangsbehältern über die Zufuhraten an Baumaterial und Stützmaterial des Zufuhrsystems ausbalanciert.

[0065] In der Ausführungsform von **Fig. 7** ist ein zusätzliches Detektionssystem in dem Abfallsystem vorgesehen, um zu verhindern, dass Abfallmaterial aus dem Abfallreservoir **94** überfließt. Das System umfasst einen optischen Sensor **102** der in dem Abfallbehälter **94** vorgesehen ist und der ein Übermaß an Abfallmaterial in dem Behälter entdeckt. Wenn das Niveau des Abfallmaterials in dem Abfallbehälter **94** über ein festgesetztes Niveau steigt, wird es durch den Sensor **102** entdeckt. Der Sensor **102** stellt wiederum der Computersteuerung ein Signal bereit, welches die Vorrichtung herunterfährt. Dies verhindert, dass Abfallmaterial die Komponenten innerhalb der Vorrichtung überströmt in dem Falle einer Fehlfunktion des Zufuhr- und Abfallsystems. Die Vorrichtung kann dann gewartet werden, um die Fehlfunktion zu

korrigieren, wodurch eine übermäßige Beschädigung der Vorrichtung verhindert wird.

[0066] In der bevorzugten Ausführungsform, die in Fig. 7 dargestellt ist, ist das Baumaterial **23A** ein Material, das seine Phase ändern kann, welches durch Aussetzung zu Strahlung ausgehärtet werden kann. Nachdem das aushärtbare phasenänderungsfähige Material **23A** in einer Schicht abgelagert wurde, wird es von dem fließfähigen Zustand zu einem nicht fließfähigen Zustand überführt. Nachdem eine Schicht durch den Durchlauf des Einebnungswerkzeuges **39** über die Schicht normalisiert wurde, wird die Schicht anschließend einer Strahlung durch eine Strahlungsquelle **88** ausgesetzt. Die Strahlung ist vorzugsweise im ultravioletten oder infraroten Band des Spektrums. Es ist jedoch wichtig, dass die Einebnung vor dem Aussetzen einer Schicht zu der Strahlungsquelle **88** erfolgt. Dies liegt daran, dass das bevorzugte Einebnungswerkzeug die Schichten nur normalisieren kann, wenn das Material in den Schichten von dem nicht fließfähigen zu dem fließfähigen Zustand geändert werden kann, was nicht auftreten kann, wenn das Material **23A** zuerst ausgehärtet wird.

[0067] In Verbindung mit dem aushärtbaren Baumaterial **23A** wird ein nicht aushärtbares phasenänderungsfähiges Material für das Stützmaterial **23B** verwendet. Da das Stützmaterial nicht ausgehärtet werden kann, kann es von dem Objekt und der Baubühne entfernt werden, in dem es z. B. in einer Lösung aufgelöst wird. Alternativ kann das Stützmaterial durch Anwendung von Wärme entfernt werden, um das Material in einen fließfähigen Zustand zurückzuführen, falls gewünscht. In dieser Ausführungsform umfasst das Abfallmaterial beide Materialien, da sie sich während der Einebnung zusammen finden. Vorzugsweise wird eine zweite Strahlungsquelle **70** bereitgestellt, um das Abfallmaterial in den Abfallaufnahmebehältern einer Strahlung auszusetzen, um das Material **23A** dazu zu bringen auszuhärten, so dass kein reaktives Material mehr in den Abfallaufnahmebehältern vorliegt.

[0068] Eine bevorzugte Ausführungsform der Container **42** zu Verwendung in dem Zufuhr- und Abfallsystem ist in den Fig. 5 und Fig. 6 gezeigt. Jeder Container **42** umfasst einen Spritzenteil **22** und einen Kolbenteil **64**. Das Spritzenteil bildet einen Zylinder mit einer kleinen Öffnung **70** an einem Ende zum Ausgeben des Materials. Ein Flansch **72** ist an dem Ende gegenüber der kleinen Öffnung vorgesehen, welcher als ein Schlüssel zum Beladen der Container in den Trichter dient. Das Kolbenteil **64** umfasst ein Kolbenende **64** welches gegen das Material in dem Zylinder des Spritzenteils **62** anliegt. Das Kolbenteil **64** umfasst auch ein Dichtungsende **76**, welches, wie es in Fig. 4 gezeigt ist, wenn der Container in seine Position geladen wird und durch den Impulszähler **44** gehalten wird, von der Extrusionsstange **46** bearbei-

tet wird, welche das Kolbenteil des Spritzenteils treibt. Während das Kolbenteil **64** in das Spritzenteil **62** getrieben wird, wird das Material in dem Spritzenteil durch die kleine Öffnung **70** ausgestoßen.

[0069] Vorzugsweise haben alle Container, die mit dem Baumaterial beladen sind, eine identische Flanschkonfiguration, die nur in einem Magazin aufgenommen werden kann, welches das Baumaterial ausgibt. Alle mit dem Stützmaterial beladenen Container haben eine andere Flanschkonfiguration, die nur in dem Magazin aufgenommen werden kann, welches das Stützmaterial ausgibt.

[0070] Eine vorstehende Spitze **82** ist an dem Kolbenende **74** vorgesehen, welche das restliche Material in der kleinen Öffnung **70** ausstößt. Ein einzigartiges Merkmal des Containers ist ein Abfallaufnahmebehälter **60**, der an dem Kolbenteil **64** vorgesehen ist, zur Aufnahme der Zufuhr des Abfallmaterials. Vorzugsweise sind zwei symmetrisch gegenüber liegende Abfallaufnahmebehälter **60** für jedes Kolbenteil **64** vorgesehen, wie es in Fig. 6 gezeigt ist. Die symmetrischen Abfallempfangsbehälter werden durch eine gemeinsame Basis **80** definiert und zwei im Wesentlichen parallel verlaufende Seitenwände **78**. Die Längener der Seitenwände ist geringer als der Abstand zwischen den Seitenwänden, so dass, wie es in Fig. 4 gezeigt ist, das Magazin **16** eine Keilnut **84** haben kann, die so bemessen ist, dass sie nur dann den Einsatz der Container erlaubt, wenn die Seitenwände **78** horizontal positioniert sind. Die Seitenwand muss horizontal positioniert in dem Magazin sein, so dass der Impulszähler **44** dann die Container zu der geeigneten Position drehen kann, wobei die Seitenwände vertikal positioniert werden, bevor auf den Container mittels der Extrusionsstange **46** eingewirkt wird. Da der Container um die gemeinsame Basis **80** des Kolbenteils symmetrisch ist, kann der Container nicht inkorrekt in das Magazin eingesetzt werden.

[0071] Wieder Bezug nehmend auf Fig. 4 wirkt die Extrusionsstange auf Kolbenteil **64**, um den Kolben in das Spritzenteil **62** zu treiben, und dadurch das Baumaterial von dem Container zu entfernen. Wenn dies passiert, wird das Abfallmaterial **43** in den Abfallempfangsbehälter **60** des Kolbenteils **64** abgegeben. Nachdem das Material im Wesentlichen vollständig zu dem Abgabegerät **14** zugeführt wurde, wird das Abfallmaterial vorzugsweise innerhalb des Containers für eine sichere Entsorgung versiegelt. Dies wird dadurch erreicht, wenn das Abdichtungsende **76**, welches in Fig. 5 gezeigt ist, das zylindrische Spritzenteil **60** angreift, um eine im Wesentlichen luftdichte Passung zu erreichen. Nachdem das Material im Wesentlichen vollständig zu dem Abgabegerät zugeführt wurde und der Kolben abgedichtet wurde, dreht dann die Impulszählertrommel und stößt die abgedichtete Kartusche in eine Abfallschublade oder einen Behälter **68** aus, wie es durch das Bezugszei-

chen 66 angezeigt ist. Nachdem die versiegelte Kartusche 66 ausgestoßen ist, ersetzt der Impulzzähler den ausgestoßenen Container, in dem ein neuer Container von der Wartestation geladen wird. Die in **Fig. 4** gezeigte Ausführungsform hat viele Vorteile gegenüber existierenden Zufuhrsystemen. Zum Beispiel, da das Material in hermetisch abgedichteten Kartuschen sowohl zugeführt als auch ausgestoßen wird, kann reaktives Material von der SFF Vorrichtung in einer Büroumgebung verwendet werden, ohne das spezielle Handhabungsverfahren benötigt würden. Zusätzlich, wenn das Baumaterial UV-aushärtbares Material ist, kann eine UV Blitz-aushärtungslampe, die bei Bezugszeichen 70 gezeigt ist, verwendet werden, um das Abfallmaterial auszuhärten, in dem das Abfallmaterial einer Strahlung ausgesetzt wird, nachdem das Abfallmaterial in den Abfallempfangsbehälter 60 ausgegeben wurde. Dies bietet einen zusätzlichen Schutzgrad in dem Fall, dass eine ausgestoßene Kartusche falsch gehandhabt und unerwarteter Weise bis zu dem Punkt beschädigt wird, dass ein direkter Kontakt mit dem Abfallmaterial möglich wäre.

[0072] Es wird bevorzugt, dass eine SFF Vorrichtung, wie sie in **Fig. 7** gezeigt ist, mit zwei Zufuhrsystem versehen wird, von denen zur Vereinfachung der Darstellung nur eines in **Fig. 4** bei Bezugszeichen 10 gezeigt ist. Ein Zufuhrsystem führt das Baumaterial 23A zu und das andere führt das Stützmaterial 23B zu. Wie in Verbindung mit dem bevorzugten Container diskutiert wurde, die in **Fig. 6** gezeigt sind, sind die Stützmaterialkartuschen so konfiguriert, dass sie nicht in das Magazin des Baumaterials eingesetzt werden können. Genauso sind die Kartuschen des Baumaterials so konfiguriert, dass sie nicht in das Magazin des Stützmaterials eingesetzt werden können. Eine derartig spezielle Kodierung der Kartuschen und Magazine eliminiert die Möglichkeit einer unbeabsichtigten Vermischung der Materialien der Vorrichtung. In der bevorzugten Ausführungsform umfasst das Abfallmaterial Teile von sowohl dem Baumaterial als auch dem Stützmaterial, die zu dem Abfallaufnahmebehälter der Kartusche des Stützmaterials und der Kartusche des Baumaterials zugeführt werden. Vorzugsweise wird das Abfallmaterial dem Abfallaufnahmebehälter einer Kartusche nur zugeführt, wenn die Kartusche Material für die Verwendung durch das Abgabegerät ausstößt.

[0073] In einer alternativen Ausführungsform kann der Container flexible Schläuche oder Taschen umfassen anstelle einer Kartusche, um das Material zuzuführen. Zusätzlich könnten, anstatt der Verwendung einer Extrusionsstange um das Material auszustoßen, ein Paar von Walzen verwendet werden, um das Material aus einem Ende des Schlauchs oder der Tasche auszuquetschen. Abfallmaterial könnte ebenfalls zurück in die Schläuche oder Taschen an dem entgegen gesetzten Ende des Schlauchs oder

der Tasche geführt werden, während sich die Walzen vorbewegen um das Material auszustoßen, in einer ähnlichen Weise in der eine Schlauchquetschpumpe arbeitet. Das Material des Schlauchs oder der Tasche könnte für Strahlung transparent sein, in welchem Fall das Abfallmaterial in der Tasche oder dem Schlauch durch Aussetzung zu Strahlung ausgehärtet werden könnte, die durch die dünnen Wände der Tasche oder des Schlauchs hindurch tritt. Die Taschen könnten dann verknotet oder versiegelt werden, bevor das Abfallmaterial ausgestoßen wird.

[0074] Nun Bezug nehmend auf **Fig. 8** ist die SDM Vorrichtung, die schematisch in **Fig. 7** gezeigt ist, bei Bezugszeichen 10 gezeigt. Um Zugang zu der Baumaterialumgebung zu ermöglichen, ist eine Schiebetür 104 an der Vorderseite der Vorrichtung vorgesehen. Die Tür 104 erlaubt keinen Austritt der Strahlung innerhalb der Maschine in die Umgebung. Die Vorrichtung ist so konfiguriert, dass sie nicht arbeiten wird oder angeschaltet werden kann, wenn die Tür 104 offen ist. Wenn die Vorrichtung in Betrieb ist, wird sich die Tür 104 zusätzlich nicht öffnen lassen. Eine Baumaterialzufuhrtür 106 wird so bereitgestellt, dass die Baumaterialcontainer in die Vorrichtung eingesetzt werden können. Eine Stützmaterialzufuhrtür 108 wird so bereitgestellt, dass das Stützmaterial in die Vorrichtung eingesetzt werden kann. Eine Abfallschublade 68 ist an dem unteren Ende der Vorrichtung 10 vorgesehen, so dass die ausgestoßenen Abfallcontainer von der Vorrichtung entfernt werden können. Eine Anwenderschnittstelle 110 ist bereitgestellt, die in Kommunikation mit dem externen Computer 35 ist, der zuvor diskutiert wurde, und welche Schnittstelle den Empfang der Druckbefehlsdaten von dem externen Computer überwacht.

[0075] Was beschrieben wurde sind bevorzugte Ausführungsformen, in denen Modifikationen und Änderungen vorgenommen werden können, ohne von dem Rahmen der beigefügten Ansprüche abzuweichen.

Patentansprüche

1. Ein Baumaterial-Zufuhrsystem (10) für eine Vorrichtung zur „Solid Freeform Fabrication“, wobei das Baumaterial einen nicht fließfähigen Zustand und einen fließfähigen Zustand hat, wobei die Vorrichtung ein Abgabegerät (14) hat zum Abgeben des Baumaterials und **dadurch gekennzeichnet** ist, dass das Zufuhrsystem (10) umfasst:
Mittel zum Halten einer Mehrzahl von bestimmten Mengen von Baumaterial (18) in einem nicht fließfähigen Zustand;
Mittel zum Liefern von bestimmten Mengen des Baumaterials (18) im nicht fließfähigen Zustand zu dem mindestens einen Trichter (16) auf dem Abgabegerät (14);
Mittel zum Ändern des Baumaterials von einem nicht

fließfähigen Zustand in einen fließfähigen Zustand nach der Lieferung des Baumaterials an den Trichter (16);

Mittel zum Bewegen des Baumaterials im fließfähigen Zustand im Trichter (16) zu einem Aufnahmebehälter (22) des Abgabegeräts (14);

Mittel zum Abgeben des Baumaterials durch das Abgabegerät (14) in den Aufnahmebehälter (22) Schicht für Schicht.

2. Das Baumaterial-Zufuhrsystem (10) gemäß Anspruch 1, weiterhin umfassend:

Mittel zum Nachweis eines niedrigen Füllstands von Baumaterial, welches im Aufnahmebehälter (22) gehalten wird, zum Steuern der Lieferung von bestimmten Mengen von Baumaterial (18) an den Trichter (16).

3. Das Baumaterial-Zufuhrsystem (10) gemäß Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei die Mittel zum Bewegen des Baumaterials im Trichter (16) zu dem Aufnahmebehälter (22) einen Durchgang in dem Abgabegerät (14) umfassen, wobei der Durchgang in Kommunikation mit dem Aufnahmebehälter (22) und dem Trichter (16) ist.

4. Das Baumaterial-Zufuhrsystem (10) gemäß Anspruch 3, wobei das Abgabegerät (14) mindestens eine Ablauföffnung (27) in Kommunikation mit dem Aufnahmebehälter (22) hat, wobei die Ablauföffnung (27) eine Kapillarkraft hat und der Durchlauf ein Kapillarventil umfasst, welches eine effektive Kapillarkraft hat, die größer als die Kapillarkraft der Ablauföffnung (27) ist und der Aufnahmebehälter (22) des Abgabegeräts (14) auf Unterdruck gehalten wird.

5. Das Baumaterial-Zufuhrsystem (10) gemäß irgendeinem der vorangegangenen Ansprüche, wobei das Abgabegerät (14) mindestens einen Tintenstrahl-Druckkopf umfasst, der eine Mehrzahl von Ablauföffnungen (27) hat.

6. Das Baumaterial-Zufuhrsystem (10) gemäß irgendeinem der vorangegangenen Ansprüche, wobei das Abgabegerät (14) mindestens zwei Trichter (16) umfasst, wobei mindestens ein Trichter (16) angepasst ist zum Empfangen des Baumaterials, das abgegeben werden soll, um das dreidimensionale Objekt zu bilden und mindestens ein anderer Trichter (16), der angepasst ist zum Empfangen eines Unterstützungsmaterials, das abgegeben werden soll, um Unterstützungen für das dreidimensionale Objekt zu bilden.

7. Das Baumaterial-Zufuhrsystem (10) gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 5, weiterhin umfassend mindestens zwei Abgabegeräte (14), wobei mindestens ein Abgabegerät (14) zum Abgeben des Baumaterials dient, welches das dreidimensionale Objekt bildet und mindestens ein Abgabegerät (14)

dazu dient, ein Unterstützungsmaterial abzugeben, um Unterstützungen für das dreidimensionale Objekt zu bilden.

8. Das Baumaterial-Zufuhrsystem (10) gemäß irgendeinem der vorangegangenen Ansprüche, wobei das Abgabegerät (14) eine Mehrzahl von Trichtern (16) umfasst, wobei jeder Trichter (16) zu einem unterschiedlichen Baumaterial gehört, das eine eindeutige visuelle Charakteristik hat und das Baumaterial geliefert wird, das die eindeutige visuelle Charakteristik anzeigt.

9. Das Baumaterial-Zufuhrsystem (10) gemäß Anspruch 8, wobei die eindeutige visuelle Charakteristik, die mit den Trichtern (16) assoziiert ist, die Farbe ist und ein Farbaditiv für die verschiedenen Baumaterialien bereitgestellt wird, die an die Trichter (16) geliefert werden.

10. Das Baumaterial-Zufuhrsystem (10) gemäß Anspruch 9, wobei die Farbaditive die Farben anzeigen, welche Türkis, Magenta, Gelb und Schwarz umfassen.

11. Das Baumaterial-Zufuhrsystem (10) gemäß Anspruch 10, wobei das Abgabegerät (14) eine Mehrzahl von Ablauföffnungen (27) hat, die das Baumaterial selektiv mit irgendeinem Farbaditiv abgeben an irgendeine Koordinate in irgendeiner Schicht des dreidimensionalen Objekts.

12. Das Baumaterial-Zufuhrsystem (10) gemäß irgendeinem der vorangegangenen Ansprüche, wobei das Mittel zum Abgeben von bestimmten Mengen an Baumaterial (18) an den Trichter (16) ein mechanisches Abmessgerät umfasst, das das Material in einer tropfenförmigen Weise liefert.

13. Eine Vorrichtung für „Solid Freeform Fabrication“ zum Bilden eines dreidimensionalen Objekts Schicht für Schicht durch Abgeben eines Baumaterials in einem fließfähigen Zustand, wobei die Vorrichtung umfasst:

Eine Bauumgebung, die eine Baubühne (15) zum Unterstützen des dreidimensionalen Objekts hat, während es geformt wird;

ein Baumaterial-Zufuhrsystem (10) gemäß irgendeinem der vorangegangenen Ansprüche;

ein Bewegungsmittel zum Bewegen des Abgabegeräts (14) bzw. der Baubühne (15), wenn das Baumaterial abgegeben wird;

ein Aufheizmittel (50) in Kommunikation mit dem Trichter (16) zum Verändern des Baumaterials aus dem nicht fließfähigen Zustand in den fließfähigen Zustand; und

eine Computer-Steuereinheit zum Empfangen von Objektdaten, die das dreidimensionale Objekt beschreiben, wobei die Computer-Steuereinheit angepasst ist zum Verarbeiten der Daten, um die Vorrich-

tung zu steuern, wenn das dreidimensionale Objekt gebildet wird.

14. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 13, wobei das Abgabegerät (14) weiterhin umfasst: mindestens eine Ablauföffnung (27) in Kommunikation mit dem Aufnahmebehälter (22), wobei die Ablauföffnung (27) eine Kapillarkraft hat; einen Durchgang in Kommunikation mit dem Aufnahmebehälter (22) und dem Trichter (16), wobei der Durchgang ein Kapillarventil umfasst, das eine effektive Kapillarkraft hat, die größer als die Kapillarkraft der Ablauföffnung (27) ist, wobei der Durchgang es dem Baumaterial im Trichter (16), das sich in den fließfähigen Zustand verändert hat, erlaubt, durch den Durchgang und in den Aufnahmebehälter (22) zu laufen; und wobei die Menge von Baumaterial in dem Aufnahmebehälter (22) des Abgabegeräts (14) auf Unterdruck gehalten wird.

15. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 13 oder Anspruch 14, weiterhin umfassend: Mittel zum Ausstoßen der Mittel zum Halten des Baumaterials, wenn im Wesentlichen das gesamte Material in dem Haltemittel entfernt worden ist.

16. Die Vorrichtung gemäß irgendeinem der Ansprüche 13 bis 15, weiterhin umfassend ein Mittel zum Vereinheitlichen der Schichten des dreidimensionalen Objekts, wobei Abfallmaterial (43) produziert wird und Mittel zum Deponieren des Abfallmaterials (43) in einen Abfallaufnahmebehälter (60A), der zum Haltemittel gehört.

17. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 16, weiterhin umfassend: Mittel zum Aushärten des Abfallmaterials (43), nachdem das Abfallmaterial (43) an den Abfallaufnahmebehälter (60A) geliefert wird.

18. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 17, wobei die Mittel zum Aushärten des Abfallmaterials (43) das Abfallmaterial (43) durch Bestrahlung mit aktinischer Strahlung aushärten.

19. Die Vorrichtung gemäß irgendeinem der Ansprüche 16 bis 18, wenn sie von Anspruch 15 abhängen, weiterhin umfassend: Mittel zum Schließen des Abfallaufnahmebehälters (60A) vor dem Ausstoßen des Containers.

20. Die Vorrichtung gemäß irgendeinem der Ansprüche 13 bis 19, bei welcher das Baumaterial-Zufuhrsystem (10) einen Aufnahmebehälter (22) zum Empfangen des Baumaterials aus einem Trichter (16) umfasst und weiterhin ein Mittel zum Nachweis eines niedrigen Füllstandes an Baumaterial in dem Aufnahmebehälter (22) umfasst.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

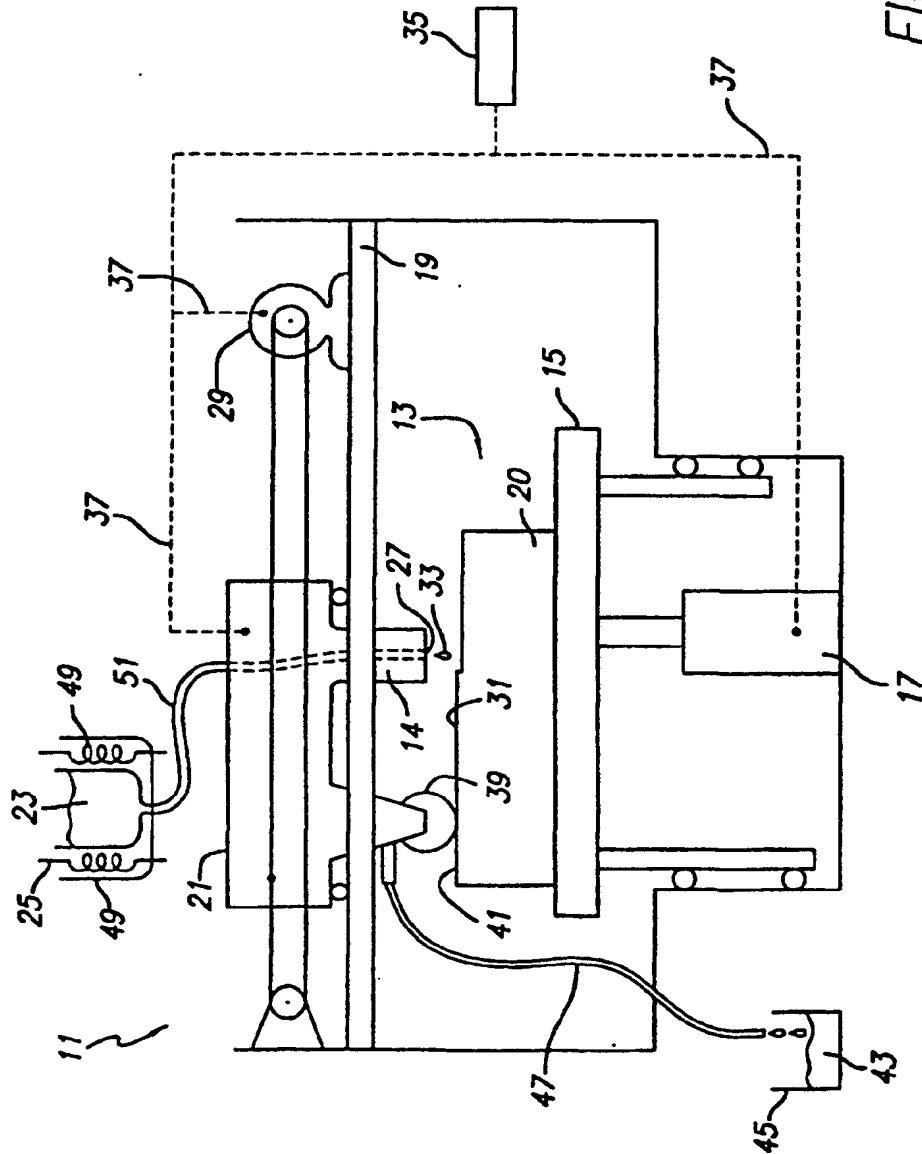


FIG. 2

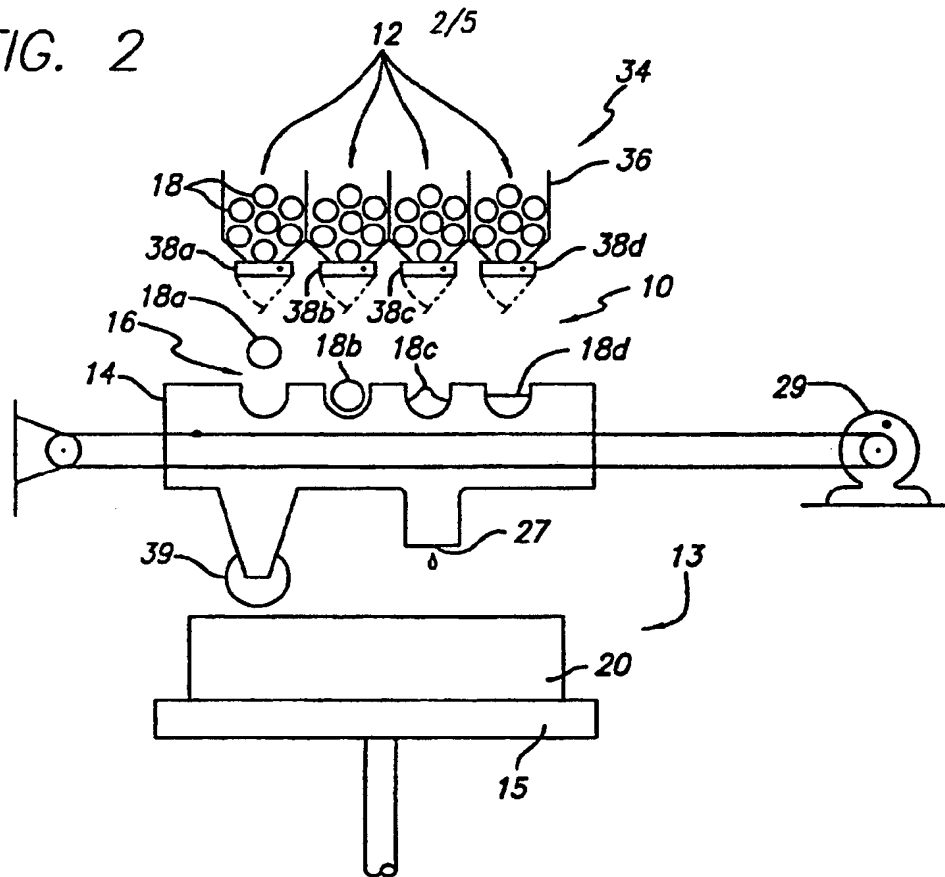


FIG. 3

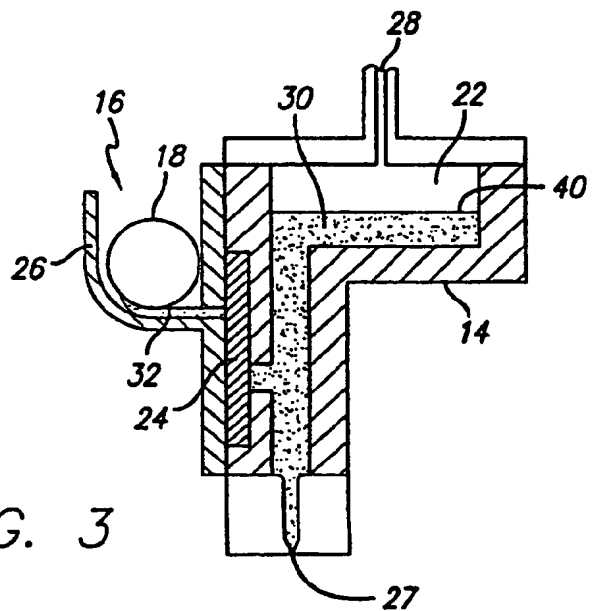
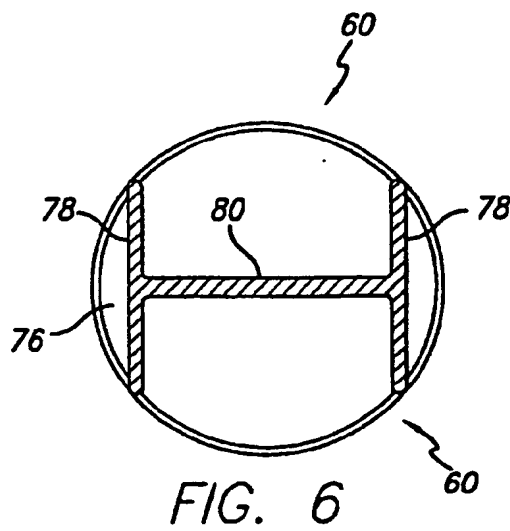
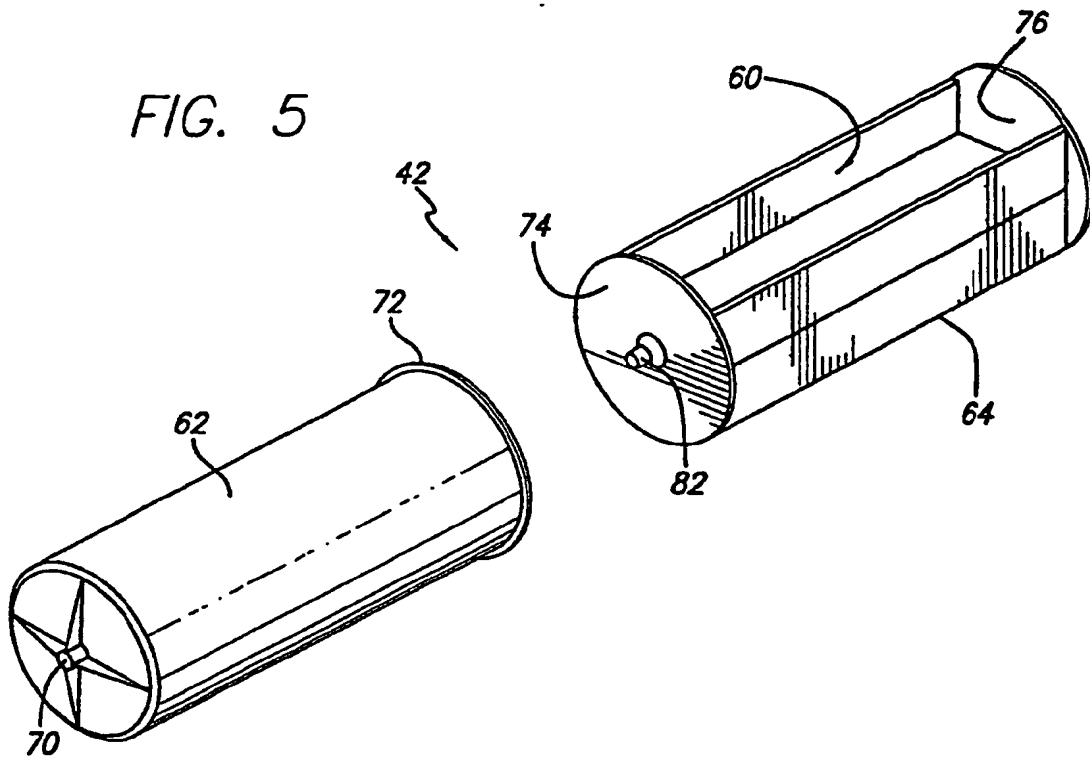




FIG. 5



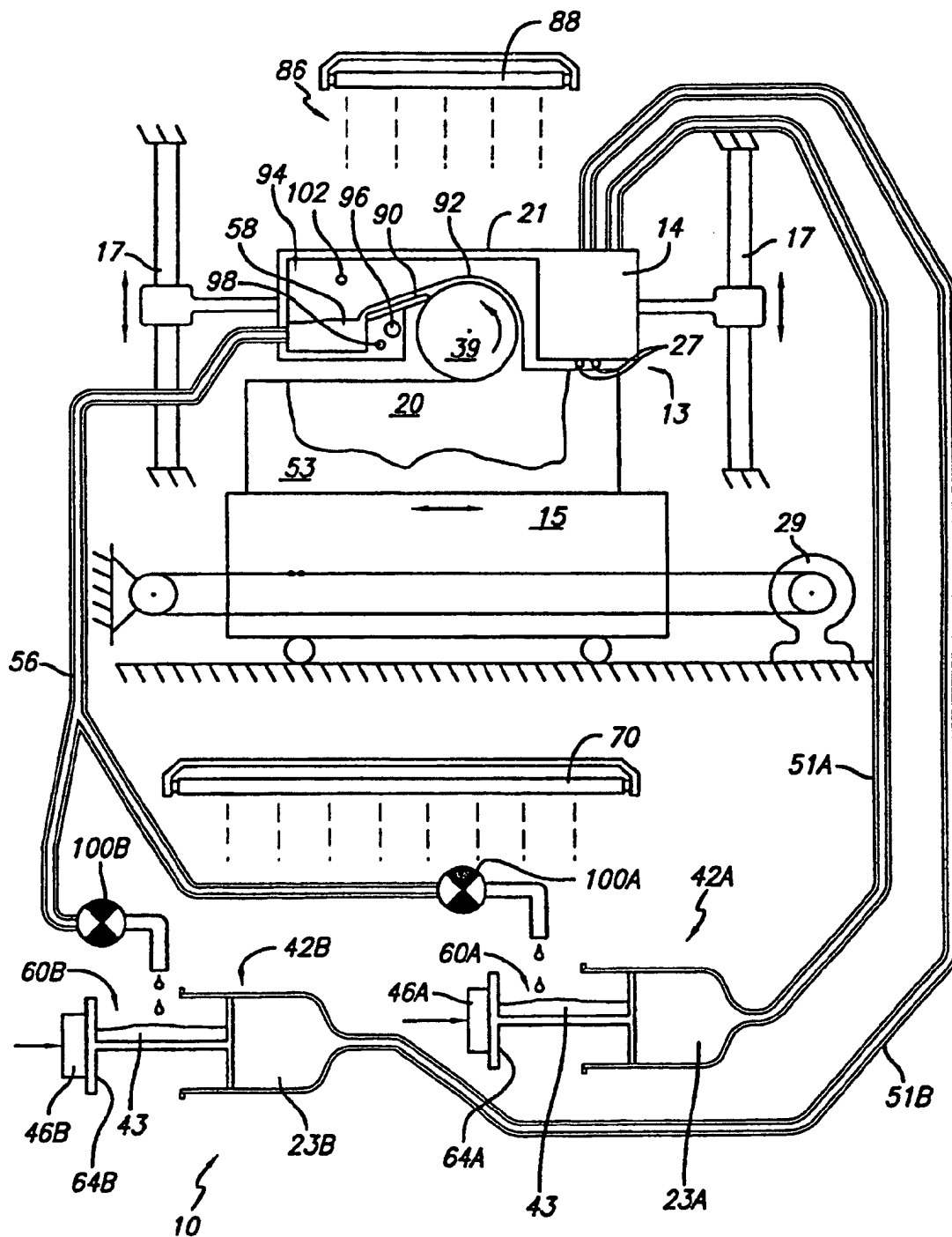


FIG. 7